
Spezifizierung der Belastungsparameter und Trainingssteuerung beim Ganzkörper- Elektrostimulationstraining

Joachim Mester, Heinz Kleinöder, Nicolas Wirtz, Markus de Mareés,
Silvia Achtzehn, Ulrike Dörmann & Sebastian Nowak

Problem

In den letzten Jahren ist eine gesteigerte Aufmerksamkeit für neue Trainingsmethoden bei Sportlerinnen und Sportlern des Breitensports als auch des Hochleistungssports zu erkennen. Dabei ist neben dem Vibrationstraining das Training mit Elektromyostimulation (EMS) als alternative Methode zum klassischen Krafttraining in den Vordergrund gerückt (Delitto et al., 1989; Eriksson et al., 1981; Gondin et al., 2006; Malatesta et al., 2003). Die Sportlerinnen und Sportler versprechen sich davon Vorteile, die u. a. in einer Verkürzung der Trainingszeit und dem Ausschöpfen von Leistungsreserven zu sehen sind. Verschiedene Sportarten auf dem Niveau von Nationalmannschaften (Nordische Kombination, Rodeln) haben diesen Nutzen bereits erkannt und setzen EMS ein, um das Krafttraining effektiver gestalten zu können. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass der Einsatz in der Praxis häufig intuitiv geschieht, da bislang nur wenig belastbare wissenschaftliche Ergebnisse für den Hochleistungssport vorliegen.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass sich durch ein EMS-Training signifikante Anstiege der Maximalkraft bzw. der dynamischen Leistung erzielen lassen (Cabric & Appell, 1987a; Colson, Martin, & Van Hoecke, 2000; Hainaut & Duchateau, 1992; Maffiuletti et al., 2000; Maffiuletti et al., 2002; Maffiuletti et al., 2006; Martin et al., 1994; Paillard et al., 2005). Im Gegensatz dazu fanden andere Studien keine signifikanten Änderungen im Anschluss an ein EMS-Krafttraining (Eriksson et al., 1981; Halbach & Straus, 1980; McMiken, Todd-Smith & Thompson, 1983). Trotz variierender Studienergebnisse ist die Wirksamkeit von EMS weitestgehend unumstritten. Die divergierenden Ergebnisse lassen vielmehr darauf schließen, dass die eingesetzten Belastungsnormative von entscheidender Bedeutung hinsichtlich der Effektivität sind (Hainaut & Duchateau, 1992; Herrero et al., 2006; Maffiuletti et al., 2000). Allerdings ist bisher nicht abschließend geklärt, wie Reizkonstellationen für verschiedene Trainingsziele bestmöglich anzuwenden bzw. zu kombinieren sind, um möglichst hohe Leistungssteigerungen zu erreichen.

Methode

Weiterführende Erkenntnisse hinsichtlich der Belastungsnormative bei intensiven Trainingsformen wie der EMS können durch die Antwort physiologischer Kenngrößen erzielt werden. Physiologische, in erster Linie metabolische Prozesse, werden durch Hormone als Signalmoleküle des endokrinen Systems reguliert (Broer, 2003). Dieses spielt beim Krafttraining eine wichtige Rolle für die Entwicklung von Maximalkraft und Leistung und fungiert als Mediator für den Umbau von Muskelpro-

teinen. (Crewther et al., 2006; Tipton & Wolfer, 2001). Dabei wird unmittelbar nach einem Krafttraining durch katabol wirkende Hormone (z. B. Cortisol) der Muskelproteinabbau angeregt. Während der anschließenden Regenerationsphase kommt es durch anabole Hormone (z. B. Testosteron) zur Proteinresynthese. Crewther et al. (2006) fassen zusammen, dass die hormonelle anabole und katabole Reaktion auf ein klassisches Krafttraining vom gewählten Trainingsdesign abhängt. So rufen z. B. neuronale Krafttrainingsschemata (sog. Maximalkrafttraining) geringere katabole und anabole Reaktionen hervor als ein umfangsorientiertes Krafttraining (sog. Hypertrophietraining).

Bisher liegen nur wenige Studien vor, die sich mit der endokrinologischen Effekten durch ein EMS-Training auseinandergesetzt haben. Somit konnten die grundlegenden hormonellen Effekte durch ein EMS-Training, die zu einer gesteigerten Leistungsfähigkeit führen, bisher nicht im Detail identifiziert werden. Um weiterführende Erkenntnisse darüber zu gewinnen, haben zwei Gruppen mit gegensätzlich gewählten Belastungsnormativen (hochintensiv HIT versus geringintensiv LIT) über einen Zeitraum von 8 Wochen ein EMS-Training durchgeführt. Insgesamt absolvierte jede Probandin bzw. jeder Proband 16 Trainingseinheiten (2 TE/Woche) mit nachfolgend aufgeführten Übungen (siehe Abb. 1).

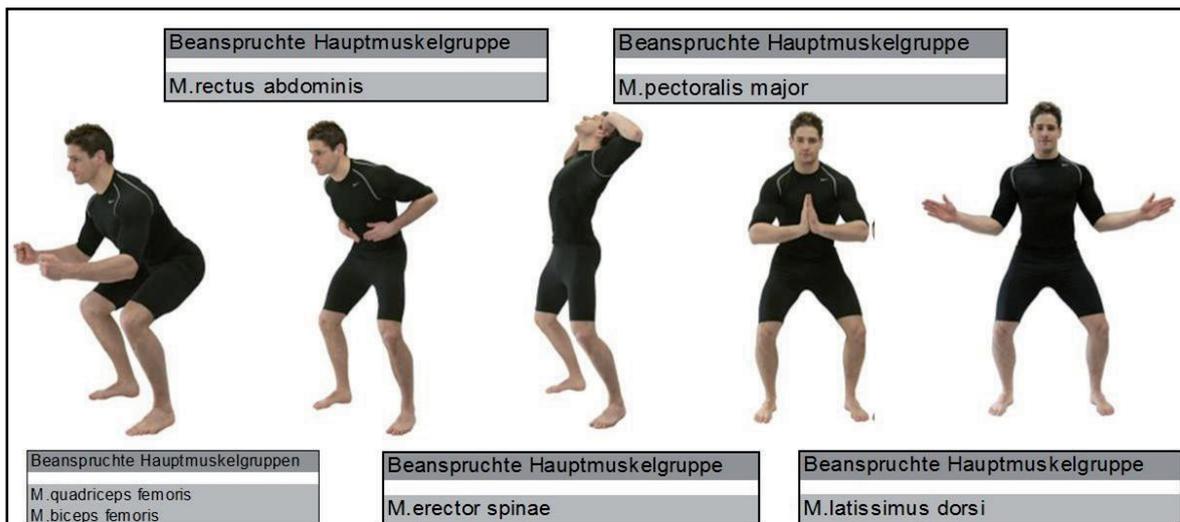


Abb. 1. Ausgewählte Übungen für beide EMS-Gruppen

Der elektrische Strom wurde während des isometrischen Trainings bei jeder Übung großflächig lokal appliziert. Durch die gezielte, zusätzliche Intensivierung durch EMS-Stimulation einzelner Muskelgruppen konnten höhere Intensitäten im Vergleich zu simultaner Ganzkörper-Elektrostimulation erreicht werden. Dadurch sollte auch der Vergleich zu einem konventionellen Krafttraining an Geräten nachgestellt und ermöglicht werden.

Vor und nach den Trainingsinterventionen (HIT bzw. LIT, siehe Tab. 1) fand eine differenzielle Kraftdiagnostik statt.

Tab 1. *Belastungsnormative der EMS-HIT und der EMS-LIT-Gruppe*

	EMS-HIT	EMS-LIT
Ausmaß der Zusatzlast	Keine Zusatzlast	
Anzahl der Wiederholungen	4 Wdh.	12 Wdh.
Anzahl der Serien	3 Serien	
Pausen zwischen den Serien	3 Min.	1 Min.
Anzahl der TE pro Woche	2 Trainingseinheiten	
Dauer des gesamten Trainingszeitraumes	8 Wochen	
Zergliederung einer einzelnen Wiederholung in die Kontraktionsformen und deren zeitliche Dauer in Sekunden	4 isometrisch	8 isometrisch
Pause zwischen den Wiederholungen	6 Sekunden	2 Sekunden
Zeit unter Spannung (time under tension --> TUT)	16 Sekunden	96 Sekunden
Training bis zur vollständige Ausbelastung	ja	nein
Bewegungsausmaß	Kein Bewegungsausmaß	
Trainingspause zwischen den Trainingseinheiten	mindestens 48 Std.	
Übungsauswahl und Reihenfolge	lokale EMS (siehe Abb.1)	
Impulsart	bipolar	
Impulsintensität	maximal	submaximal (ca.70%)
Impulsbreite	400µs	200µs
Impulsanstieg	rechteckförmig	rampenförmig
Stimulationsfrequenz	85 Hz	30 Hz

Darüber hinaus wurden ein Zwischentest und ein Retest durchgeführt (siehe Tab. 2). Dabei wurden ausgewählte isometrische und dynamische Kraft- und Leistungsparameter gemessen (z. B. Maximalkraft (Fmax) und Leistung (Pmax)). Weiterhin wurde die Creatin-Kinase (CK) bestimmt, um die Intensität der beiden Trainingsformen HIT und LIT zu vergleichen und einzuordnen. Außerdem wurden anabol und katabol wirkende Hormone untersucht (HGH, IGF-1 und IGF-BP-3, Testosteron und Cortisol, siehe Tab. 2) und anhand der gemessenen Werte die Signalübertragung für die beiden Trainingsgruppen dargestellt und ausgewertet.

Tab. 2. *Studienverlaufsplan*

Kalenderwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Training			X	X	X	X	X	X	X	X				
Einweisung und Gewöhnung	X													
Medizinische Untersuchung	X													
Körperzusammensetzungsmessung		X				X					X			X
Kraftdiagnostik		X				X					X			X
CK/CK-MB			X				X			X				
Testosteron			X				X			X				
IGF-1/IGFBP-3			X				X			X				
HGH			X				X			X				
Cortisol			X				X			X				

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der analytischen Statistik wurde eine 3-faktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Diese erlaubt die Untersuchung verschiedener Faktoren in Auswirkung auf die einzelnen Messparameter. Im Falle eines signifikanten F-Wertes wurde der Duncan Post-hoc Test eingesetzt, um zu überprüfen, welche Mittelwerte sich signifikant voneinander unterscheiden. Für alle Parameter wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit auf $p < 0,05$ festgelegt. Nachfolgend werden die signifikanten Ergebnisse für die Kraftparameter, die Kreatinkinase und die Hormone einzeln aufbereitet.

Kraft und Leistung

Die HIT-Gruppe konnte in der Kraftdiagnostik für isometrische und dynamische Kraft- bzw. Leistungsparameter deutlich mehr signifikante Verbesserungen erzielen als die LIT-Gruppe. Vom Eingangs- zum Ausgangstest zeigen sich für die Isometrie und die Dynamik signifikante Verbesserungen der Maximalkraft und der Leistung. Vom Eingangs- zum Ausgangstest verbesserte sich der Basisparameter Maximalkraft (F_{max}) für die gerade Bauchmuskulatur (m. rectus abdominis) und für den großen Rückenmuskel (m. latissimus dorsi) signifikant für den isometrischen Test der HIT-Gruppe (5,6 – 9,4 %). Bei LIT-EMS-Training lagen dafür keine signifikanten Veränderungen vor. In Bezug auf die Dynamik (P_{max}) waren bei der HIT-Gruppe dieselben Muskelgruppen wie beim isometrischen Test signifikant. Die Werte für die Bauchmuskulatur stiegen um 14,8 % und die für den Latissimus um 16,1 % an. Die LIT-EMS-Gruppe verzeichnete nur eine signifikante Verbesserung (15,5 %) zwischen Eingangs- und Ausgangstest (m. biceps femoris).

Die Stimulationsfrequenz von 85 Hz, die höhere Intensität und der prozentual höhere duty cycle liefern eine mögliche Erklärung für die Überlegenheit des HIT-Trainings in Bezug auf die Kraftanpassungen. Die submaximale Intensität von 70 % und die niedrige Frequenz von 30 Hz rufen offenbar nicht ausreichend überschwellige Reize hervor, um die Maximalkraft bzw. die maximale Leistung zu steigern. Es ist jedoch festzuhalten, dass die LIT-Gruppe prozentual Verbesserungen vorweisen konnte, die allerdings statistisch nicht signifikant waren. Das High-Intensity-EMS-Training eignet sich daher bei kürzerer Trainingszeit besser für die Steigerung der isometrischen und der dynamischen Maximalkraft bzw. Leistung.

Die Frage, warum nicht mehr bzw. alle untersuchten Muskelgruppen durch das HIT-Training eine signifikante Verbesserung erzielt haben, ist dadurch zu erklären, dass die „time under tension“ (TUT) ggf. zu niedrig ausfiel bzw. die maximale Ausbelastung nicht von der gesamten Probandengruppe tatsächlich erreicht wurde. Dies zeigt sich auch in den anschließend diskutierten Kreatinkinasewerten. Porcari et al. (2005) gehen davon aus, dass die Intensität bei der EMS für Kraftzuwächse verantwortlich ist. Da diese bei der LIT-EMS-Gruppe relativ niedrig war, kann dies auch als Grund für die wenigen signifikanten Kraft- bzw. Leistungsverbesserungen angeführt werden.

In diesem Zusammenhang bleibt festzuhalten, dass bei der Impedanzanalyse (Tanita) es für keine der beiden Gruppen in Bezug auf das Körpergewicht und den prozentualen Fettanteil signifikante Unterschiede gab.

Kreatinkinase

Aus den vorliegenden Ergebnissen kann geschlossen werden, dass ein HIT-EMS-Training und ein LIT-EMS-Training einen vergleichbaren Effekt auf die Entwicklung der CKgesamt-Konzentration haben.

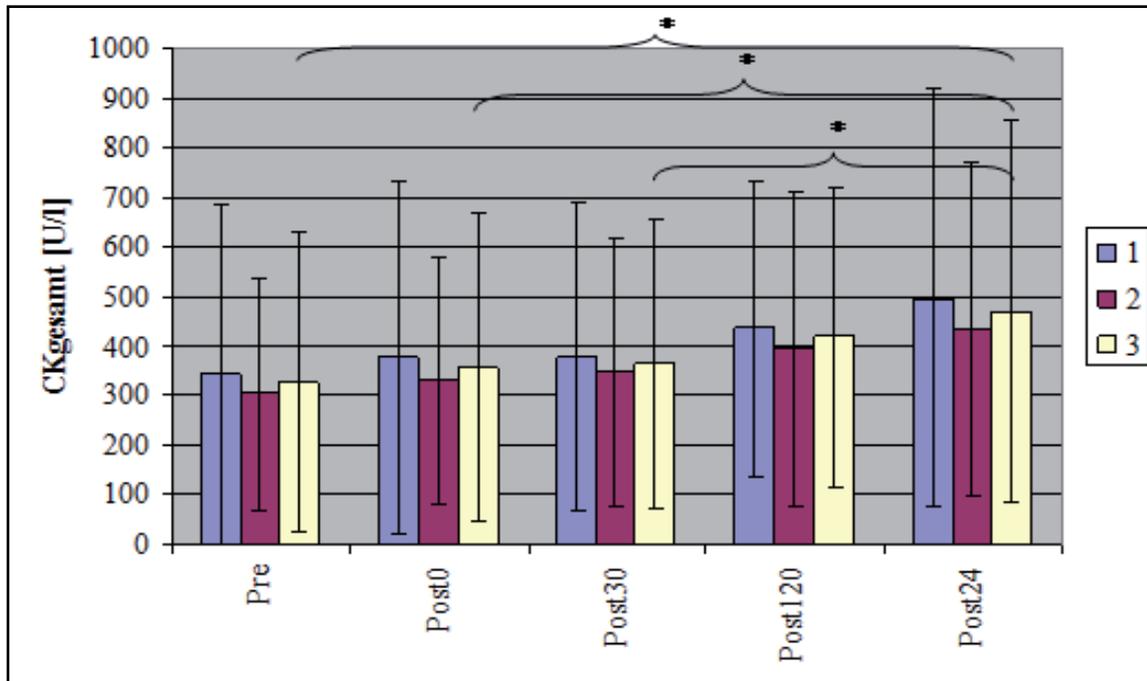


Abb. 2. CKgesamt-Konzentration: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der HIT-EMS-Gruppe und der LIT-EMS-Gruppe sowie dem Mittelwert (gesamt) und Standardabweichungen (gesamt) zu den Innerhalbmesszeitpunkten Pre, Post0, Post30, Post120 und Post24 (1 = HIT-EMS-Gruppe; 2 = LIT-EMS-Gruppe; 3 = Mittelwertgesamt).

Beide Trainingsgruppen besitzen einen ähnlichen Innerhalbzeitpunktverlauf der CKgesamt. Die HIT-EMS-Gruppe wies einen CKgesamt-Mittelwert von 406 U/L auf. Dieser Wert lag über den gemessenen 361 U/L der LIT-EMS-Gruppe. Ein Grund hierfür könnte in den erhöhten CKgesamt-Werten von 344 U/L bei der Pre-Messung liegen. Hier erreicht die LIT-Trainingsgruppe im Mittel Werte von 303 U/L. Die Werte der HIT-Gruppe stiegen im Mittel um 44 % auf ein Maximum von 497 U/L. Einen ähnlichen Verlauf nahm die CKgesamt bei der LIT-EMS-Gruppe. Die Ausgangswerte stiegen um 43 % auf einen Maximalwert von 433 U/L. Beide Gruppen zeigten damit einen vergleichbaren Anstieg. Dies gilt für alle Messzeitpunkte während der Trainingsperiode (ZP 1-3). Das CKgesamt-Maximum wird jeweils bei der Post₂₄-Messung erreicht. Diese zeitverzögerte CKgesamt-Antwort auf einen EMS-Reiz deckt sich mit Aussagen verschiedener Autoren (u. a. Kreuzer et al. 2006; Lindena, et al. 1979). Jubeau et al (2008) fanden das CKgesamt-Maximum sogar erst 72 Std. nach Beendigung des Trainings. Die Unterschiede innerhalb der Messzeitpunkte waren zwischen beiden Trainingsmethoden nicht signifikant, wohl aber die Steigerungen zu den verschiedenen Messzeitpunkten. Es ist jedoch anzumerken, dass die oben beschriebenen Maximalwerte, sowie die signifikanten Änderungen in

keinem Verhältnis zu den gemessenen CKgesamt-Maximalwerten in anderen Studien stehen. So konnten Kreuzer et al. (2006) im Mittel CKgesamt-Konzentration von über 3000 U/L bei trainierten Wasserballspielern nachweisen. Die Gesamttrainingsdauer betrug 20 Minuten wobei ein simultanes Ganzkörper-EMS-Training (Gk-EMS) in verschiedenen Positionen mit geringer Pausendauer durchgeführt wurde. Dies bedeutet, dass alle Muskelgruppen nicht wie in dieser Studie lokal und muskelspezifisch sondern gleichzeitig trainiert worden sind. Die gewählten Belastungsnormative der HIT-EMS-Gruppe (lokale Stimulation) sind vergleichbar mit denen der Gk-EMS-Gruppe aus der Studie von Kreuzer et al. (2006) (Stimulationsfrequenz: 85Hz, Impulsbreite 350 μ s, On:Off-Ratio 4:4, Serienpause 3 min, Gesamtdauer 20 Minuten). Diesen Ergebnissen nach bewirkt ein simultan durchgeführtes Gk-EMS-Training bei gleichen Stimulationsparametern einen höheren CKgesamt-Anstieg als ein lokales EMS-Training. Jubeau et al. (2008) fanden bei einem ausschließlich lokal durchgeführten EMS-Training der Beine Maximalwerte von über 3000 U/L 72 Std. nach Beendigung des Trainings. In dieser Studie wurden bei einer hohen Intensität (75 Hz, 400 μ s, 6,25:20, keine Serienpause, 17,5 Minuten) an der maximalen Stromtoleranz 40 isometrische Kontraktionen einer Muskelgruppe gemacht. Mit 250 s (40 x 6,25 s) ist die reine Kontraktionsdauer vergleichbar mit der gesamten Kontraktionsdauer aller Muskelgruppen der HIT-Trainingsgruppe (240 s) und der gesamten Kontraktionsdauer einer Muskelgruppe der LIT-Trainingsgruppe (288 s). Daraus kann gefolgert werden, dass eine sukzessive Beanspruchung derselben Muskelgruppe bei hoher Intensität von Bedeutung für hohe CK-Anstiege ist, nicht aber eine abwechselnd lokal hohe Beanspruchung unterschiedlicher Muskelgruppen.

Die Gesamtkontraktionsdauer der LIT-Gruppe übersteigt die der HIT-Gruppe zwar um das 6-fache, die Belastungsparameter sind verglichen mit anderen Studien aber weniger intensiv (Boeck-Behrens & Treu, 2002; Boeck-Behrens & Erd, 2005; Boeck-Behrens et al., 2006; Boeck-Behrens & Schäffer, 2002; Jubeau et al. 2008, Kreuzer et al., 2006). Insbesondere die hier gewählte Stimulationsintensität (70 % der maximalen Stromtoleranz) und die Impulsbreite (200 μ s) ruft keine vergleichbare CKgesamt-Änderung wie in anderen Studien (Jubeau et al. 2008; Kreuzer et al. 2006) hervor. Eine höhere Impulsbreite hat eine intensivere Stimulation der Muskulatur zur Folge und eine höhere Intensität verursacht eine stärkere Kontraktion der Muskulatur.

Individuell lagen zwischen den CK-Werte der Probanden dieser Studie hohe Streuungen vor, die mit den Ergebnissen von Kuipers, 1994; Noska & Clarkson, 1996 vergleichbar waren. So zeigte ein Proband der HIT-EMS-Gruppe CKgesamt-Maximalwerte 1750 U/L bei der Post₀-Messung zum Zeitpunkt ZP 1, ein anderer Proband derselben Trainingsgruppe jedoch nur 166 U/L zum selben Messzeitpunkt. Bezogen auf die CK-MB haben sich keine signifikanten Auswirkungen bzw. Befunde gezeigt, so dass davon ausgegangen werden kann, dass beide Trainingsformen keine Schädigungen der Herzzellen hervorrufen.

Abschließend kann gesagt werden, dass beide Trainingsformen ähnliche Auswirkungen auf die CKgesamt-Konzentration besitzen. Die Durchführung eines HIT-EMS-Trainings ist jedoch zeitsparender. Die gewählten Belastungsnormative und die lokale Stimulation stellen für keine der beiden Gruppen einen intensiven Stimulationsreiz für die CKgesamt dar.

HGH-IGF-Achse und EMS

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass HGH, IGF-1 und IGF-BP-3- bei beiden Trainingsgruppen einen vergleichbaren Verlauf innerhalb der Messzeitpunkte aufweisen.

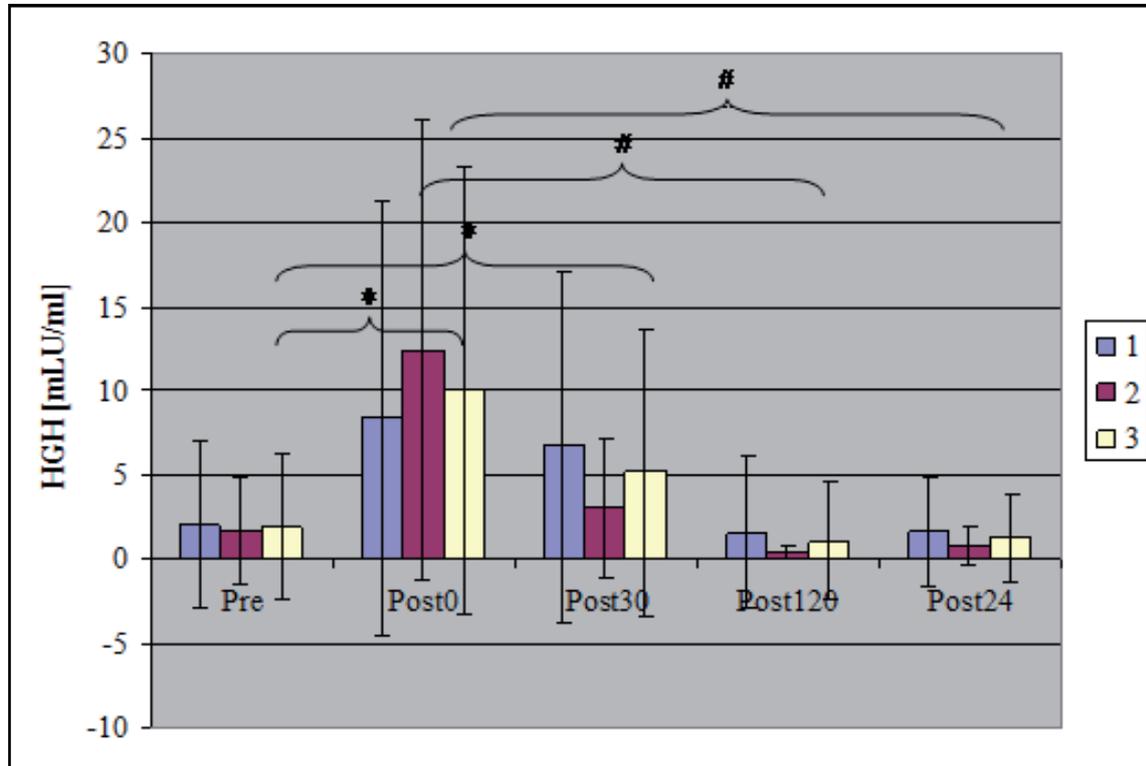


Abb. 3. HGH-Konzentration: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der HIT-EMS-Gruppe und der LIT-EMS-Gruppe sowie dem Mittelwert (gesamt) und Standardabweichungen (gesamt) zu den Innerhalbmesszeitpunkten Pre, Post₀, Post₃₀, Post₁₂₀ und Post₂₄ (1 = HIT-EMS-Gruppe; 2 = LIT-EMS-Gruppe; 3 = Mittelwertgesamt).

Beide Gruppen wiesen dabei ein Maximum der HGH-Konzentration direkt nach Beendigung des Trainings auf. Die Werte sanken signifikant um 49 % von der Post₀-Messung zur Post₃₀-Messung. Die LIT-EMS-Gruppe wies dabei im Mittel bei der Post₃₀-Messung um 33 % höhere Maximalwerte auf, die jedoch nicht signifikant waren.

Die signifikante Steigerung der HGH-Konzentration deckt sich mit den Aussagen anderer Autoren. Greisen et al. (2001) wiesen als Folge einer 30minütigen elektrischen Stimulation der Abdominalmuskulatur einen signifikanten Anstieg der HGH-Konzentration nach Beendigung des Trainings nach. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Jubeau et al. (2007), die eine signifikante Steigerung der HGH-Konzentration 15 bis 30 Min nach Trainingsende feststellten. Da die Ausschüttung des HGH vornehmlich von der Dauer und Intensität des Trainings abhängt, schlossen sie auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Laktatkonzentration, dem Grad der Muskelermüdung und dem schmerzinduzierten Stress. Sartorio et al. (2008) konn-

ten in ihrer Studie ebenfalls einen HGH-Anstieg nach einem EMS-Training nachweisen. Sie sahen als Begründung für diesen Anstieg vornehmlich die Dauer des Trainings und vermuteten ebenfalls einen Zusammenhang zur Laktatkonzentration, da Laktat indirekt den Sympathikus stimuliert und so auf die HGH-Sekretion Einfluss nimmt. Aus der vorliegenden Studie kann nicht auf einen Zusammenhang zwischen der Dauer und HGH-Sekretion geschlossen werden.

Die HGH-Reaktion auf ein EMS-Training erfolgt individuell sehr unterschiedlich. Aus den hohen Standardabweichungen beider Gruppen kann vielmehr auf andere wichtige Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht, oder Trainingszustand geschlossen werden (vgl. Raastad et al. (2000)). Ein weiterer Einflussfaktor kann nach Christensen et al. (1984) die Körperkerntemperatur sein, die nach Sartorio et al. (2008) durch ein EMS-Training ansteigt.

Die Maximalwerte des IGF-1 wurden im Mittel bei der Post₀-Messung gefunden. Dieser Maximalwert fiel signifikant unter den Ausgangswert ab, jedoch ist zu beachten, dass die Schwankungen sehr gering sind. Einen ähnlichen Verlauf zu den Innerhalbzeitpunkten der Messung wurde für IGF-BP-3 nachgewiesen. Da beide Hormone als Reaktion auf einen steigenden HGH-Spiegel gebildet werden, sind die erhöhten Werte bei der Post₀-Messung in dieser Studie und die daraufhin fallenden Werte bei der Post₃₀-Messung in beiden Gruppen zu erklären, da der HGH-Spiegel einen ähnlichen Verlauf zu den Innerhalbzeitpunkten der Messung nimmt. Weitere Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht, Trainingszustand und auch Wechselwirkungen mit anderen Hormonen sind weiterhin bei der Beurteilung der Reaktion der HGH-IGF-Achse auf ein EMS-Training möglich und mit einzubeziehen.

Abschließend lässt sich sagen, dass die HGH-IGF-Achse sowohl auf ein LIT- wie auch auf ein HIT-EMS-Training in ähnlicher Weise reagiert. Ein submaximales, umfangorientiertes Training hat folglich die gleichen Auswirkungen auf die HGH-IGF-Achse wie ein maximal durchgeführtes, intensitätsorientiertes EMS-Training.

Testosteron

Die Auswirkungen eines EMS-Trainings auf die Testosteronausschüttung wurden in bisherigen Studien nicht untersucht. Die vorliegende Studie zeigt, dass beide Trainingsgruppen einen vergleichbaren Verlauf innerhalb der Messzeitpunkte aufweisen, mit einem Maximum direkt nach Beendigung des Trainings und einem Minimum 120 Minuten nach Belastungsende.

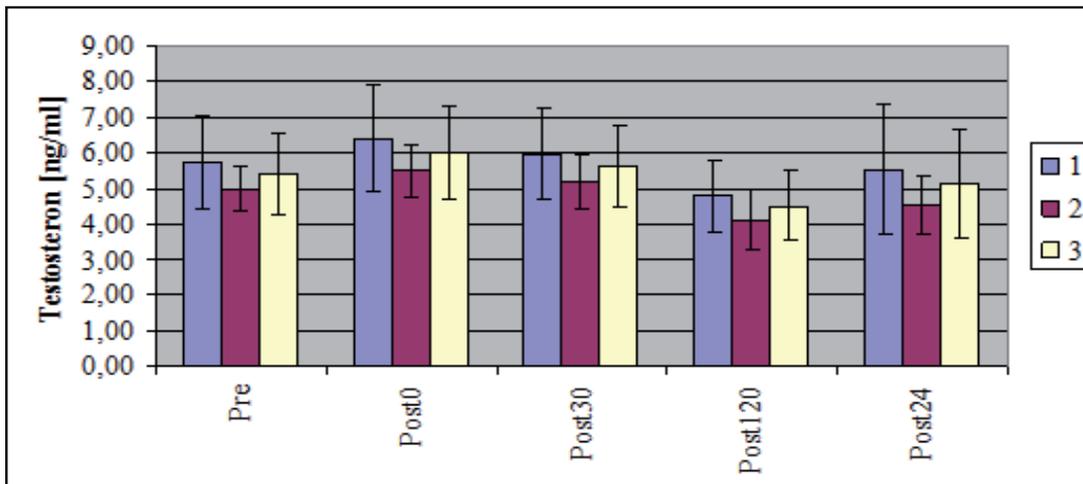


Abb. 4. Testosteronkonzentration: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der HIT-EMS-Gruppe und der LIT-EMS-Gruppe sowie dem Mittelwert(gesamt) und Standardabweichungen(gesamt) zu den Innerhalbmesszeitpunkten Pre, Post0, Post30, Post120 und Post24 (1 = HIT-EMS-Gruppe; 2 = LIT-EMS-Gruppe; 3 = Mittelwertgesamt).

Das HIT-EMS-Training führte im Mittel zu einer signifikanten, um 14 % höheren Testosteronausschüttung als ein LIT-EMS-Training. Es liegt der Schluss nahe, dass die Testosteronsekretion bei lokaler Gk-EMS von der Intensität und nicht vom Umfang der Belastung abhängig ist. Häkkinen & Parakinen (1998) fanden bei maximalen isometrischer Kontraktionen ebenfalls einen Testosteronanstieg. Bei der EMS zeichnet sich die Intensität als entscheidender Faktor für die Testosteronzernierung ab und nicht die Dauer. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass ein lokales HIT-EMS-Training zu einer höheren Ausschüttung des anabol wirkenden Hormons Testosteron führt als ein LIT-EMS-Training.

Cortisol

Vergleichbar mit HGH-IGF-Achse reagiert auch Cortisol auf EMS in beiden Gruppen mit einem ähnlichen Konzentrationsverlauf zu den Innerhalbmesszeitpunkten. Die Werte fielen im Mittel nach Beendigung des Trainings ab und erreichten ihren Minimalwert bei der Post₃₀-Messung. Bei den folgenden Messungen, Post₁₂₀ und Post₂₄, normalisierten sich die Werte wieder auf ihr Ausgangsniveau (Abb. 5). In der Literatur finden sich Cortisolsteigerungen vornehmlich als Reaktion auf ein hypertrophieorientiertes und weniger auf ein neuronales oder isometrisches Krafttraining. Greisen et al. (2001) konnten als Folge einer 30minütigen isometrischen EMS der Bauchmuskulatur jedoch einen Anstieg der Cortisolkonzentration nachweisen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Zwar konnten keine Unterschiede in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit nachgewiesen werden, jedoch signifikante Änderungen zu den Innerhalbmesszeitpunkten. Vergleichbar mit den Ergebnissen der HGH-IGF-Achse ist nicht die Gruppenzugehörigkeit der entscheidende Faktor für die Cortisolausschüttung. Auch hier hat ein kurzes, intensitätsorientiertes EMS-Training keine signifikant unterschiedlichen Auswirkungen wie ein umfangorientiertes EMS-Training.

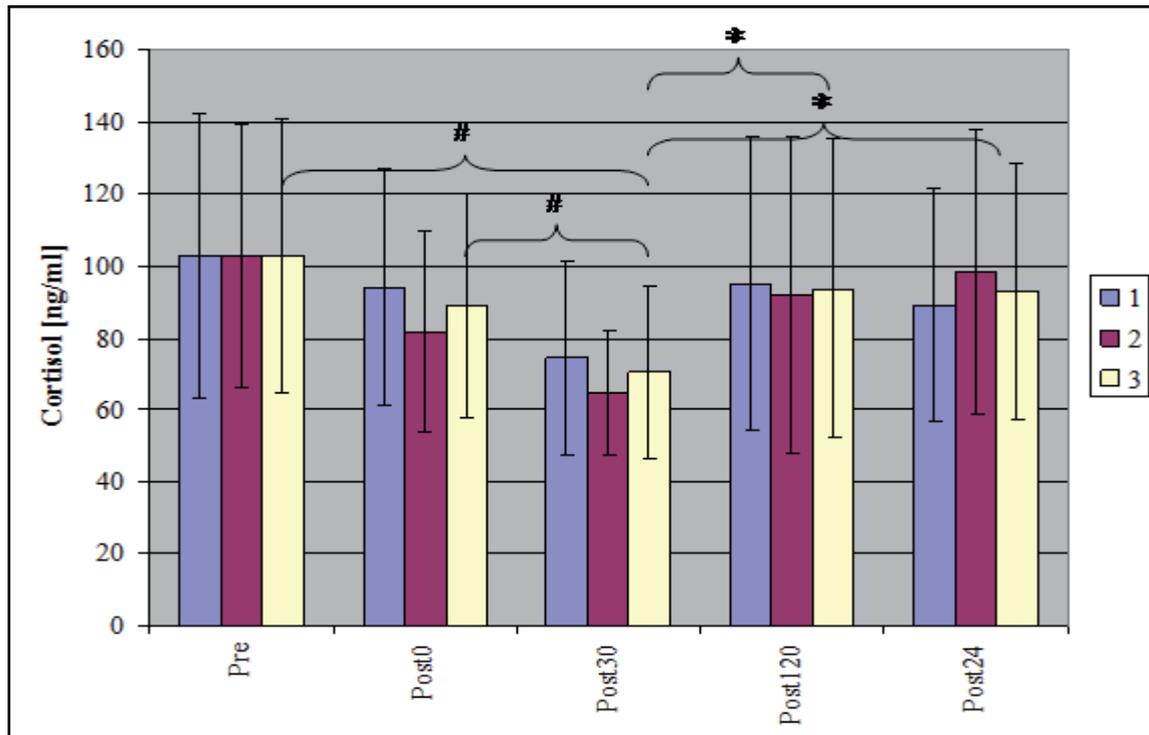


Abb. 5. Cortisolkonzentration: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der HIT-EMS-Gruppe und der LIT-EMS-Gruppe sowie dem Mittelwert (gesamt) und Standardabweichungen (gesamt) zu den Innerhalbmesszeitpunkten Pre, Post0, Post30, Post120 und Post24 angegeben (1 = HIT-EMS-Gruppe; 2 = LIT-EMS-Gruppe; 3 = Mittelwertgesamt).

Zusammenfassung und Fazit

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass ein HIT-EMS-Training und ein LIT-EMS-Training ähnliche Reaktionen des endokrinen Systems, der CK und der CK-MB hervorrufen. Ergebnisse anderer Autoren konnten nur zum Teil bestätigt werden, jedoch variierten die gewählten Belastungsparameter in den verschiedenen Studien teilweise sehr stark. Ein HIT-EMS-Training erzeugt folglich vergleichbare endokrine Effekte wie ein LIT-EMS-Training, dies jedoch in einer kürzeren Zeitdauer.

Einerseits zeigt damit die vorliegende Studie, dass selbst ein hochintensives Verfahren bei lokaler Agonisten- und Antagonistenaktivierung keine maximalen Kreatinkinasewerte erzeugen muss, wenn die Dauer der Belastung sehr kurz gehalten wird oder mit submaximaler Intensität stimuliert wird. Dies lässt den Schluss zu, dass EMS-Training auch in der Wettkampfperiode eingesetzt werden kann bzw. auch im Training mit weniger trainierten Personen. Es stellt damit eine Alternative zum mechanischen Training mit Zusatzlasten dar.

Andererseits sollte in weiteren Studien das Verhalten des endokrinen Systems und der Kraft- und Leistungsparameter auf eine simultane Ganzkörper-EMS-Belastung untersucht werden, da diese deutlich höhere Intensitäten durch die Arbeit von Muskelketten ermöglicht.

Literatur

- Apple, F.S. & Rhodes, M. (1988). Enzymatic estimation of skeletal muscle damage by analysis of changes in serum creatine kinase. *Journal of applied physiology*, 65 (6), 2598-2600.
- Boeckh-Behrens, W.-U. & Mainka, D. (2006). Krafttraining durch Elektromyostimulation? Empirische Untersuchung zu den Krafteffekten bei einem Elektromyostimulationstraining am BodyTransformer mit Variation der Trainingsdauer.
- Boeckh-Behrens, W.-U. & Bengel, M. (2005). Krafttraining durch Elektromyostimulation? Empirische Untersuchung zu den Krafteffekten bei einem Elektromyostimulationstraining am BodyTransformer mit Variation der Belastungsdichte.
- Boeckh-Behrens, W.-U. & Schäffer, G. (2002). Elektromyostimulationstraining mit dem BodyTransformer - eine innovative Methode zur Linderung der Harninkontinenz.
- Boeckh-Behrens, W.-U. & Treu, S. (2002). Vergleich der Trainingseffekte von konventionellem Krafttraining, maxxF und EMS-Training in den Bereichen Körperzusammensetzung, Körperformung, Kraftentwicklung, Psyche und Befinden. 3. wissenschaftliche Studie am Institut für Sportwissenschaften der Universität Bayreuth. http://www.speed-fit.de/downloads/studie_03.pdf.
- Broer, B. M., M. Gurrath & H. D. Holtje (2003). Molecular modelling studies on the ORL1-receptor and ORL1-agonists. *Journal of computer-aided molecular design*, 17 (11), 739-754.
- Cabric, M. & H. J. Appell (1987). Effect of electrical stimulation of high and low frequency on maximum isometric force and some morphological characteristics in men. *International journal of sports medicine*, 8 (4), 256-260.
- Christensen, S.E., Jorgensen, O.L., Moller, N. & Orskov, H. (1984). Characterization of growth hormone release in response to external heating. Comparison to exercise induced release. *Acta endocrinologica*, 107 (3), 295-301.
- Crewther, B. et al. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports medicine*, 36 (3), 215-238.
- Delitto, A. & Robinson, A.J. (1989). Electrical Stimulation of Muscle: Techniques and Applications. In L. Snyder-Mackler & A.J. Robinson (Eds.), *Clinical Electrophysiology* (pp.95-138). Baltimore: Williams and Wilkins. 95-138.
- Eriksson, E. et al. (1981). Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *International journal of sports medicine*, 2 (1), 18-22.
- Gondin, J. et al. (2006). Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *European journal of applied physiology*, 97 (2), 165-173.
- Greisen, J. et al. (2001). Acute pain induces insulin resistance in humans. *Anesthesiology*, 95 (3), 578-584.
- Häkkinen, K., Parakinen, A. & Newton, R.U. (1998). Acute hormonal response to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus older men. *European journal of applied physiology*, 77, 312-319.

- Hainaut, K. & Duchateau, J. (1992). Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. *Sports medicine*, 14 (2), 100-113.
- Herrero, J. A. et al. (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International journal of sports medicine*, 27 (7), 533-539.
- Jubeau, M. et al. (2007). Random Motor Unit Activation by Electrostimulation. *International journal of sports medicine*, 28 (11), 901-904..
- Kreuzer, S., Kleinoeder, H. & Mester, J. (2006). Effects of Whole Body Electro Stimulation Training and Traditional Strength Training on Various Strength and Blood Parameter in Juvenile Elite Water Polo Players. In H. Hoppeler et al. (Eds.), 11 ed. *Book of abstracts of the 11th annual congress of the European College of Sport Science* (S. 264). Köln: Sportverlag Strauss.
- Kuipers, J. et al. (1994). Knowledge and attitudes of chronic mentally ill patients before and after medication education. *Journal of advanced nursing*, 20 (3), 450-456.
- Lindena, J. et al. (1979). Lymphatic transport of cellular enzymes from muscle into the intravascular compartment. *Enzyme*, 24 (2), 120-131.
- Maffiuletti, N. A. et al. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*, 21 (6), 437-443.
- Maffiuletti, N. A., Pensini, M. & Martin, A. (2002). Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *Journal of applied physiology*, 92 (4), 1383-1392.
- Maffiuletti, N. A. et al. (2006). Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 85 (2), 167-175.
- Malatesta, D. et al. (2003). Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *Journal of strength and conditioning research*, 17 (3), 573-579.
- Martin, L. et al. (1994). The influence of electrostimulation on mechanical and morphological characteristics of the triceps surae. *Journal of sports sciences*, 12 (4), 377-381.
- Nosaka, K. & Clarkson, P.M. (1996). Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexor. *International journal of sports medicine*, 17 (2), 120-127.
- Paillard, T. et al. (2005). Is electrical stimulation with voluntary muscle contraction of physiologic interest in aging women? *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 48 (1), 20-28.
- Porcari, J. P et al. (2005). The effects of neuromuscular electrical stimulation training on abdominal strength endure, and selected anthropometric measures. *Journal of sports science and medicine*, 4, 65-75.

- Raastad, T. & Hallen, J. (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *European journal of applied physiology*, 82 (3), 206-214.
- Sartorio, A. et al. (2008). GH responses to two consecutive bouts of neuromuscular electrical stimulation in healthy adults. *European journal of endocrinology*, 158 (3), 311-316.
- Tipton, K.D. & Wolfer, R.R. (2001). Exercise, protein metabolism, and muscle growth. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 11 (1), 109-132.