

# VALIDIERUNG DER HOCHTONTHERAPIE ZUR STEIGERUNG VON MAXIMAL- KRAFT UND KRAFTAUSDAUER



*Regeneration ist essenziell für kontinuierliche Leistungssteigerung im Sport, um Überlastungsschäden zu vermeiden. Maßnahmen wie Schlaf, aktive Erholung und Elektrotherapie fördern die Regeneration und ermöglichen dadurch dichte Trainingsreize. Inwieweit die gezielte Anwendung der elektrischen Hochtontherapie Einfluss auf die Regeneration nach intensivem muskulärem Training und der damit verbundenen potenziellen Kraftleistungssteigerung nehmen kann, wird in der vorliegenden Studie geprüft*

Kuno Hottenrott<sup>1,2</sup>, Finn Schmetzer<sup>2</sup>, Martin Möhle<sup>1</sup>

## Einleitung

Leistungssteigerungen im Sport basieren auf einem optimalen Verhältnis von Belastung und Erholung. Die Regeneration stellt dabei einen entscheidenden Bestandteil dar. Sie ist ausschlaggebend, um einen kontinuierlichen Leistungsfortschritt zu erzielen und Folgebeschwerden wie längere Müdigkeit, Kraftlosigkeit oder Infektanfälligkeit zu vermeiden. Jeder übermäßige Belastungsreiz im Organismus löst eine biologische Antwort aus, die im Rahmen von endogen induzierten und zeitlich strukturierten Prozessen verarbeitet wird und zur Regeneration führt. Diese Umwandlungsprozesse finden nicht während der sportlichen Belastung statt, sondern in der frühen oder späten Nachbelastungsphase. Aus diesem Grund ist es von entscheidender Bedeutung, ausreichend Ruhephasen einzuplanen und die Regeneration durch verschiedene Maßnahmen wie hinreichenden Schlaf, aktive Erholung, Postrolling, Kälte- und Wärmebehandlungen sowie zeitnahe Energiezufuhr nach intensiven Belastungen zu unterstützen. Dabei ist die Wirksamkeit der einzelnen Regenerationsmaßnahmen auf den Organismus unterschiedlich und wissenschaftlich nicht immer bewiesen.<sup>1</sup> Warum sollte überhaupt Einfluss auf den Regenerationsprozess genommen werden? Ein wesentliches Argument ist, dass bei einer beschleunigten Regeneration Trainingsreize in dichter Folge gesetzt werden können und damit der wöchentliche Gesamttrainingsreiz erhöht wird, was schließlich positiv zur Leistungssteigerung beitragen kann. Inwieweit die gezielte Anwendung der elektrischen Hochtontherapie Einfluss auf die Regeneration nach intensivem muskulärem Training und der damit verbundenen potenziellen Kraftleistungssteigerung nehmen kann, wird in der vorliegenden Studie geprüft. Bei der Hochtontherapie, auch bekannt als externe Hochfrequenzmuskelmuskelstimulation, handelt es sich dabei um eine neuere und einzigartige Form der Elektrotherapiebehandlung, bei der nicht eine einzige Frequenz verwendet wird, sondern Frequenz und Amplitude variieren, um dem Gewebe mehr Energie zuzuführen. Dies könnte für einen ermüdeten Muskel hilfreich sein, sich schneller zu regenerieren.

## Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Die Hochtontherapie ist eine besondere Form der Elektrotherapiebehandlung, die 1998 vom deutschen Psychiater und Neurologen Hans-Ulrich May begründet wurde. Im Gegensatz zu herkömmlichen Elektrotherapiemethoden, bei denen eine einzige Frequenz verwendet wird, moduliert die Hochtontherapie die Frequenz zwischen 4096 Hertz und 32768 Hertz sowie die Amplitude. Stromstärke sowie Frequenzen können gleichzeitig und individuell angepasst werden und sind für das menschliche Ohr nicht hörbar. Das Ziel der verschiedenen Frequenzen ist es, die Zellen optimal zu aktivieren und den Körper zu vitalisieren. Des Weiteren werden Resonanzen erzeugt, die die Zellen und Gewebestrukturen in Schwingungen versetzen, um den Stoffwechsel anzuregen und körpereigene Prozesse zu beschleunigen. Durch diese Mechanismen sollen Mineralien, Nährstoffe, Vitamine, Schlackenstoffe sowie Schmerz- und Entzündungsvermittler effizienter verteilt werden, was wiederum dazu beiträgt, dass die Zellen schneller versorgt, ihre Funktionen aktiviert sowie bestimmte Funktionen im Kör-

<sup>1</sup> Institut für Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

<sup>2</sup> University of cooperative education, Baunatal

per normalisiert werden können. Weiterhin ist anzunehmen, dass sich die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den Zellen verbessert, um die notwendigen Strukturen und Funktionen des Gewebes aufrechtzuerhalten und zu reproduzieren.<sup>2</sup> Somit trägt die Hochtontherapie dazu bei, Regeneration und Zellstoffwechselprozesse zu beschleunigen und zu verbessern. Auch wenn die grundlegenden Mechanismen der Wirkung von hochfrequenter externer Nerven- und Muskelstimulation noch nicht vollständig geklärt sind, wird sie sehr erfolgreich zur Behandlung degenerativer Erkrankungen wie der Polyneuropathie eingesetzt.<sup>3</sup> Polyneuropathie ist eine Nervenerkrankung, die häufig bei Diabetikern und Alkoholikern auftritt und starke Schmerzen verursachen kann. Die Erkenntnisse der ersten Primärstudien hierzu werden durch eine aktuelle Metaanalyse nochmals bestätigt. Mit einer Hochfrequenztherapie lassen sich neurophysiologische Wirkungen erzielen, die sich auf die Veränderung der Pathogenese von Neuropathiepatienten konzentrieren. Alle sechs in die Analyse einbezogenen randomisierten kontrollierten Studien (RCTs) haben gezeigt, dass die externe Hochfrequenztherapie beziehungsweise Hochtontherapie bei der Behandlung der peripheren Neuropathie, einschließlich der diabetischen Neuropathie, des Tarsaltunnelsyndroms, der medianen Neuropathie, der radialen Neuropathie und der paraneoplastischen Polyneuropathie, sehr wirksam ist.<sup>4</sup>

Positive Wirkungen konnten des Weiteren beim Einsatz der Hochtontherapie bei Patienten mit zirkulatorischer Enzephalopathie gezeigt werden.<sup>5</sup> Es wurde nachgewiesen, dass die Hochtontherapie zu einer deutlichen Rückbildung der Beschwerden und neurologischen Manifestationen der Krankheit, zur Wiederherstellung der intellektuellen und amnestischen Funktionen und zu einer deutlichen Verbesserung der zerebralen Durchblutung führt. Aber auch in anderen Anwendungsfeldern wurde die Wirksamkeit der Hochtontherapie geprüft. So zeigten sich in einer randomisierten kontrollierten Studie mit 35 Männern im Alter von 21 bis 50 Jahren, die eine vordere Kreuzbandrekonstruktion erhalten hatten, ebenfalls positive Effekte. Die Tests wurden vor und sechs Monate nach der operativen Rekonstruktion durchgeführt. Die Patienten wurden nach dem Zufallsprinzip in eine Experimentalgruppe (17 Patienten), die eine Hochtontherapie in der Rehabilitation erhielten, sowie eine Kontrollgruppe (18 Patienten) eingeteilt. Die Analyse nach Anwendung der Hochtontherapie zeigte eine statistisch signifikante Verbesserung

des Muskeldrehmoments, des Knieumfangs, des Oberschenkelumfangs und der Kniestreckung in der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe.<sup>6</sup> Eine weitere Forschungsarbeit untersuchte die Wirksamkeit der Hochtontherapie bei der Behandlung von Soldaten mit posttraumatischer Belastungsstörung und traumatischen Hirnverletzungen. Auch diese Studie lieferte signifikante Effekte in Bezug auf die Behandlungsergebnisse.<sup>7</sup>

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Hochtontherapie sich seit vielen Jahren im klinischen Feld als wirksame Behandlungsmethode etabliert hat. Der potenzielle Nutzen dieser Therapieform für therapeutische Anwendungen ist gut belegt. Doch welchen Nutzen hat die Hochtontherapie möglicherweise für den Sport? Beeinflusst sie bei gezielter Anwendung die muskuläre Regeneration nach intensiven Trainingseinheiten und in deren Folge die Verbesserung der muskulären Leistungsfähigkeit? Bisher wurde der Einsatz der Hochtontherapie im Sport wissenschaftlich nicht geprüft, wenngleich es erste Hinweise und Erfahrungswerte von Sportlern gibt, die bei deren Anwendung von einer schnelleren Regeneration nach langen, intensiven Ausdauerbelastungen berichten.

## Ziel- und Fragestellung

Mit dieser wissenschaftlichen Pilotstudie soll die Wirksamkeit der Hochtontherapie im Rahmen eines bilateralen Krafttrainings über einen Interventionszeitraum von sechs Wochen geprüft werden.

Zur Überprüfung der Fragestellung werden folgende Hypothesen formuliert:

*H1: Ein bilaterales Krafttraining des M. biceps brachii führt bei einseitiger Anwendung der Hochtontherapie zu einer Maximalkraftsteigerung des behandelten Armes.*

*H2: Ein bilaterales Krafttraining des M. biceps brachii führt bei einseitiger Anwendung der Hochtontherapie zu einer Kraftausdauersteigerung des behandelten Armes.*

## Methodisches Vorgehen

### Probanden und Studiendesign

Für die sechswöchige kontrollierte bilaterale Kraftstudie am Beispiel des M. biceps brachii konnten fünf Männer und drei Frauen



Bild 1 und 2: Unilaterale Testung der Kraft des M. biceps brachii

Bild 3 und 4: Preacher Curls mit der Langhantel: drei Sätze, 4–6 Wiederholungen, 80–90 Prozent des 1RM

im Alter von  $29 \pm 15$  Jahren rekrutiert werden, die seit mehr als einem Jahr mindestens zweimal wöchentlich ein Krafttraining im Fitnessstudio unter Anleitung durchführen. Am Anfang des Untersuchungszeitraums führten die Probanden eine Eingangsmessung zur Bestimmung der Maximalkraft sowie der Kraftausdauer durch. Dabei wurde das Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM) sowie das Wiederholungsmaximum bei 70 Prozent des 1RM bei der Übung Bizeps-Curl für jeden Probanden und jeden Arm ermittelt. Nach einer sechswöchigen Interventionsphase erfolgte die Posttestung. Um erste Entwicklungen aufzuzeigen, wurde nach drei Wochen eine Zwischenmessung durchgeführt. Während der Interventionsphase führten die Probanden die Hochtontherapie fünfmal wöchentlich jeweils 60 Minuten am nicht dominanten Arm durch. Zusätzlich erfolgte dreimal wöchentlich ein bilaterales, gezieltes Bizeps-Training unter kontrollierten Bedingungen.

### Kraftmessung

Zu Beginn des Untersuchungszeitraums erhielten die Teilnehmer detaillierte Anweisungen zu der durchgeführten Studie. Die Bestimmung der Maximalkraft sowie der Kraftausdauer entsprach den wissenschaftlichen Gütekriterien. Zur Ermittlung des 1RM wurde die Übung Bizeps-Curl sowohl am Kabelzug als auch mit Kurzhanteln in der Preacher-Curl-Variante im Sitzen durchgeführt (siehe Bilder 1–2). Dabei war entscheidend, dass das Gesäß fest auf der Sitzfläche verbleibt und die Achselhöhle des zu testenden Arms eng am Polster anliegt. Dadurch sollte ein Ganzkörpereinfluss auf die Kraftentwicklung des ausführenden Arms reduziert werden. Die Bewegungsamplitude reichte von der gestreckten Armposition bis zu einem Ellenbogenwinkel von 90 Grad.

Nach einer mehrminütigen vollständigen Erholungspause wurde dann bei 70 Prozent des 1RM die Testung für die maximale Wiederholungszahl bei identischer Bewegungsausführung bestimmt. Die Kraftmessungen für beide Extremitäten (dominanter und nicht dominanter Arm) wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten und mögliche Einflussgrößen wie Ermüdung auszuschließen.

### Trainingsmethodik

Die Probanden führten das zusätzliche bilaterale Krafttraining dreimal pro Woche durch. Der Trainingsplan verfolgte dabei drei unter-

schiedliche Trainingsziele. Zum einen sollte eine Steigerung der Maximalkraft erzielt werden, zum anderen eine Zunahme der Muskelmasse anhand eines Hypertrophietrainings sowie die Kraftausdauer verbessert werden, um die Ermüdungswiderstandsfähigkeit gegenüber langanhaltenden Belastungen zu steigern. Die vorgegebenen Belastungsnormative für die einzelnen Trainingsziele orientierten sich dabei an Reader et al. (2020).<sup>8</sup> Dabei beinhaltete der Trainingsplan die abgebildeten drei Übungen (siehe Bilder 3–8).

Die Trainingsintensität wurde zu Beginn des Interventionszeitraums individuell für jeden Probanden anhand des 1RM berechnet. Die progressive Anpassung der Trainingsgewichte erfolgte im Verlauf des Trainingsprozesses basierend auf dem persönlichen Belastungsempfinden. Das Ziel bestand darin, das Gewicht so anzupassen, dass die Wiederholungszahlen im angegebenen Bereich lagen und keine weitere Wiederholung im jeweiligen Satz mehr möglich war.

### Intervention mit der Hochtontherapie

Die Behandlung der Probanden mit dem HiToP® 1touch-Therapiegerät (gbo Medizintechnik, Rimbach, Deutschland) wurde dreimal pro Woche unmittelbar nach dem Krafttraining und zusätzlich an zwei Tagen ohne vorausgegangene Trainingsbelastung über jeweils 60 Minuten durchgeführt. Die Hochtontherapie fand in einem Frequenzbereich zwischen 4096 und 32768 Hertz statt und wurde über das Programm SimulFAMi gesteuert.

Zwei Elektroden wurden übereinander am M. biceps brachii des entsprechenden Armes angebracht und mit Bandagen fixiert (siehe Bild 9). Die Intensität wurde individuell für den Probanden zwischen der unteren Eckfrequenz von 4096 Hertz sowie der mittleren Frequenz von 16384 Hertz eingestellt. Dabei war das subjektive Empfinden in Form eines leicht spürbaren Kribbelns das Einstellungskriterium. Das Kribbeln sollte als angenehm empfunden werden und keine muskulären Kontraktionen auslösen. Nach der Einstellung der Reizintensität begann die Therapie, bei der das HiToP® 1touch-Gerät automatisch zwischen den Frequenzbereichen von 4096 und 32768 Hertz oszilliert.

Unser Experte



Univ.-Prof. Dr. Kuno Hottenrott

ist Sportwissenschaftler an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und leitet den Arbeitsbereich Trainingswissenschaft und Sportmedizin. Seine Forschungsergebnisse hat er in über 200 Publikationen dargelegt



Bild 5 und 6: Klimmzüge im supinierten Griff (Chin-up): 3–4 Sätze, 8–12 Wiederholungen, 70–80 Prozent des 1RM

Bild 7 und 8: Langhantel Curls, stehend: 3–4 Sätze, 15–25 Wiederholungen, 50–60 Prozent des 1RM



Bild 9: Fixation der elektrischen Bandagen am Oberarm

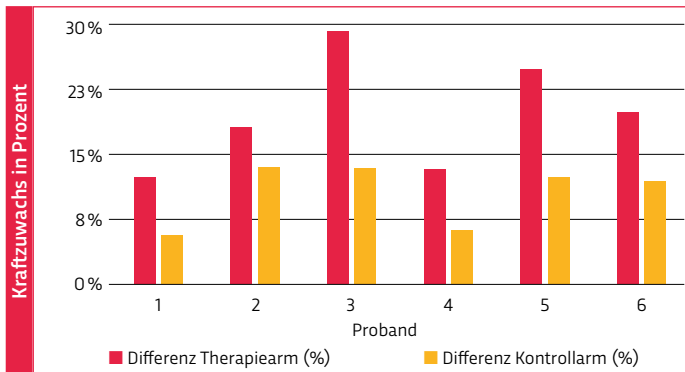


Abb. 1: Kraftzuwachs (in %) beim Einer-Wiederholungs-Maximum (1 RM) bei der Übung Bizeps-Curl zwischen Therapiearm und Kontrollarm

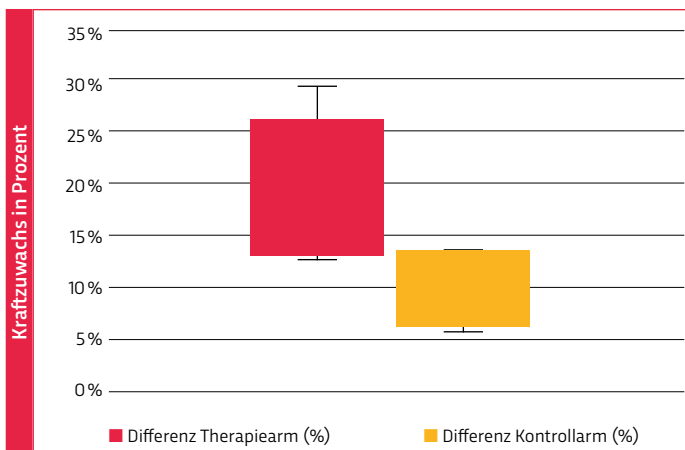


Abb. 2 (Box-Plot-Diagramm): Kraftzuwachs (in %) beim Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM) bei der Übung Bizeps-Curl zwischen Therapiearm und Kontrollarm

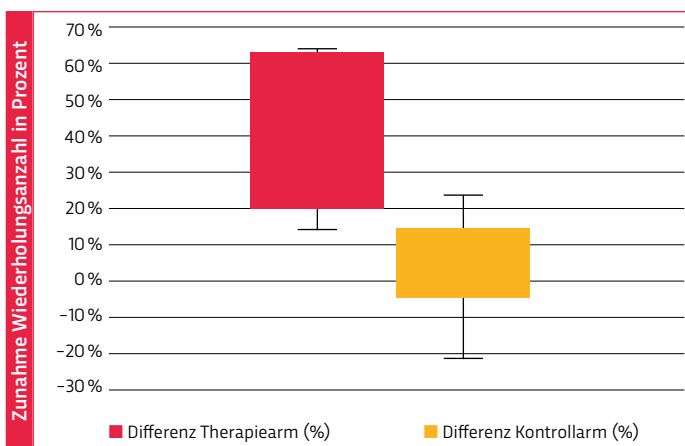


Abb. 3 (Box-Plot-Diagramm): Zunahme Wiederholungszahl (in %) bei 70 % des Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM) bei der Übung Bizeps-Curl zwischen Therapiearm und Kontrollarm

## Ergebnisse

In der folgenden Ergebnisdarstellung wurden die Rohdaten sowohl deskriptiv als auch grafisch anhand von Mittelwerten und Standardabweichungen sowie zweifaktoriellen Varianzanalysen für die unterschiedlichen Testbedingungen und Messzeitpunkte statistisch analysiert. Zwei der Probanden beendeten ihre Teilnahme verletzungsbedingt noch vor dem Zwischentest. Sechs Teilnehmer schlossen die Studie über den gesamten Interventionszeitraum von sechs Wochen ab.

### Maximalkraft

Die Probanden konnten die Maximalkraft des M. biceps brachii durch das sechswöchige Training signifikant steigern. Die größten Unterschiede im Pre-Post-Vergleich traten bei dem mit der Hochtontherapie behandelten Arm auf. Aus Abb. 1 wird ersichtlich, dass sich das 1RM des mit der Hochtontherapie behandelten Arms bei allen sechs Probanden deutlich stärker verbessert hat als das des Kontrollarms. Im Mittel beträgt die Steigerung beim Therapiearm  $19,7 \pm 6,4$  Prozent und beim Kontrollarm  $10,8 \pm 3,8$  Prozent. Abb. 2 zeigt die Verteilung der jeweiligen Kraftzuwächse beim 1RM anhand eines Box-Plots sowohl für den Therapie- als auch den Kontrollarm. Daraus lässt sich ebenfalls erkennen, dass der Median, der Mittelwert und das Maximum der Kraftzuwächse (1RM) beim Therapiearm höher sind im Vergleich zum Kontrollarm.

Die statistische Auswertung der Kraftzuwächse beim 1RM anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung hat ergeben, dass es einen hochsignifikanten Unterschied ( $p = 0,001$ ) zwischen den Gruppen des Faktors Zeit (Pre-, Zwischen- und Posttest) in Bezug auf die abhängige Variable (Maximalkraft) gibt (siehe Tab. 1). Allerdings konnte kein statistischer Unterschied zwischen den Gruppen der Testbedingung (Therapie) bezüglich der abhängigen Variable festgestellt werden. Auch eine Wechselwirkung zwischen den beiden Variablen Therapie und Zeit hinsichtlich der abhängigen Variablen konnte nicht ermittelt werden ( $p = 0,107$ ).

### Anzahl der Wiederholungen

Tab. 2 zeigt die Veränderung der maximalen Wiederholungen zwischen Pre-, Zwischen- und Posttest auf. Bei allen sechs Probanden nahm die Anzahl der maximalen Wiederholungen beim mit der Hochtontherapie behandelten Arm stärker zu als beim Kontrollarm. Im Mittel erhöhten sich die Wiederholungen beim Therapiearm um  $44 \pm 21$  Prozent und beim Kontrollarm um  $5 \pm 15$  Prozent. Weiterhin ist zu erkennen, dass die Probanden beim Therapiearm überwiegend mit geringeren Wiederholungen im Pretest starteten und im abschließenden Posttest fast ausschließlich höhere Wiederholungswerte erreichten als der Kontrollarm. In Abb. 3 wird die Entwicklung der maximalen Wiederholungszahlen für den Untersuchungszeitraum zwischen Therapie- und Kontrollarm anhand eines Boxplots verdeutlicht.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied ( $p = 0,004$ ) zwischen den Gruppen des Faktors Zeit (Pre-, Zwischen- und Posttest) in Bezug auf die abhängige Variable (Anzahl der Wiederholungen) bei der Übung Bizeps-Curls gibt (siehe Tab. 3). Hinsichtlich der Wechselwirkung zwischen den beiden Variablen Therapie und Zeit konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der abhängigen Variable ermittelt werden ( $p < 0,001$ ). Allerdings zeigte sich kein Unterschied zwischen den Gruppen des Faktors der Testbedingung (Therapie) bezüglich der abhängigen Variablen ( $p = 0,381$ ).

## Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass das bilaterale Krafttraining zu einer signifikanten Verbesserung von Therapie- und Kontrollarm sowohl beim 1RM als auch beim Wiederholungsmaximum geführt hat, wobei der Therapiearm jeweils eine stärkere Veränderung als der Kontrollarm hinsichtlich Maximalkraft und Kraftausdauer aufwies, was jedoch statistisch nicht belegt werden konnte. Obwohl kein Gruppeneffekt zwischen dem mit der Hochtontherapie behandelten und dem nicht behandelten Arm festgestellt werden konnte, deutet die bessere Kraftentwicklung des Therapiearms auf einen Nutzen der Hochtontherapie hin.

Insbesondere konnte der Arm, der regelmäßig mit der Hochtontherapie behandelt wurde, im direkten Vergleich eine deutlichere Verbesserung aufweisen als der unbehandelte Arm. Diese Verbesserungen wurden von den Teilnehmern wahrgenommen und blieben für einige Probanden sogar noch einige Wochen nach Abschluss der Studie spürbar. Beide Arme wurden mit den gleichen Übungen bilateral trainiert, sodass die unterschiedliche Entwicklung von Maximalkraft und Kraftausdauer im Zusammenhang mit der Hochtontherapie stehen muss. Die Teilnehmeranzahl in dieser Studie ist zwar sehr gering, da aber jeder der Probanden sowohl Interventionsgruppe als auch Kontrollgruppe für sich selbst darstellt, sind die gewonnenen Erkenntnisse von praktischer Relevanz.

Die erhöhte Kraftleistung des Therapiearms könnte im Zusammenhang mit einer verbesserten Regeneration und einer effizienteren Proteinbiosynthese stehen, was wiederum zu einer schnelleren Erholung und Einsatzbereitschaft der Muskeln geführt hat. Trainingsreize mit starker muskulärer Ermüdung erfordern in der Erholungsphase einen erhöhten biologischen Aufwand, um der katabolen Stoffwechsellage und der Einschränkung der Proteinsynthese entgegenzuwirken.<sup>9</sup> Eine gezielte Anwendung der Hochtontherapie zur Steigerung der Regeneration könnte somit das Muskelwachstum fördern und neue Einsatzmöglichkeiten im Leistungssport eröffnen.

Diese Therapie könnte ebenfalls dazu beitragen, sport- und alltagsbedingte muskuläre Dysbalancen auszugleichen, den Heilungsprozess von Muskelverletzungen zu verkürzen und Rehabilitationsmaßnahmen zu unterstützen. Sportler könnten ihr Training nach einer Verletzung früher wieder aufnehmen. Leistungssportler könnten potenziell von einer verkürzten Regenerationszeit profitieren, was es ihnen ermöglichen würde, häufiger und intensiver zu trainieren, schneller Muskelmasse aufzubauen und damit die Leistungsfähigkeit zu verbessern.

## Ausblick

Die vielversprechenden Ergebnisse dieser ersten Pilotstudie zum Einsatz der Hochtontherapie zur Muskelregeneration und Steigerung der Kraftleistungsfähigkeit sollten in weiteren Studien mit einer höheren Fallzahl, anderen Muskelgruppen und über einen längeren Interventionszeitraum überprüft werden. Des Weiteren wäre es sinnvoll zu prüfen, ob eine kürzere Behandlungszeit zu ähnlichen Effekten führt.

	Quadratsumme	df	Mittelwert der Quadrate	F	p
Pretest, Zwischentest, Posttest	23,26	2	11,63	31,48	<0,001
Therapie	0,01	1	0,01	0	0,992
A × B	1,85	2	0,92	2,5	0,107
Zwischen	673,41	11	61,22		
Innerhalb der Stichprobe	673,4	10	67,34		
Residuum	7,39	20	0,37		
Innerhalb	32,5	24	1,35		
<b>Total</b>	<b>705,91</b>	<b>35</b>	<b>20,17</b>		

Tab. 1: Statistische Analyse des 1RM durch die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen

Proband	Arm	Pretest	Zwischentest	Posttest
1	TA	14	17	17
	KA	18	19	14
2	TA	14	15	16
	KA	14	14	14
3	TA	14	20	23
	KA	18	20	20
4	TA	11	16	18
	KA	17	19	21
5	TA	14	20	21
	KA	19	19	20
6	TA	16	20	24
	KA	18	19	20
MW±SD	TA	13,8±1,6	18,0±2,3	19,8±3,3
MW±SD	KA	17,3±1,7	18,3±2,1	18,2±3,3

Tab. 2: Anzahl der maximalen Wiederholungen bei 70 Prozent des 1RM vom Therapiearm (TA) und Kontrollarm (KA) für die Übung Biceps-Curls zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten

	Quadratsumme	df	Mittelwert der Quadrate	F	p
Pretest, Zwischentest, Posttest	76,17	2	38,08	10,16	0,004
Therapie	4,69	1	4,69	0,921	0,381
A × B	40,72	2	20,36	21,185	<0,001
Zwischen	142,75	11	12,98		
Innerhalb der Stichprobe	138,06	10	13,81		
Residuum	47,11	20	2,36		
Innerhalb	164	24	6,83		
<b>Total</b>	<b>306,75</b>	<b>35</b>	<b>8,76</b>		

Tab. 3: Statistische Analyse der maximalen Wiederholungen durch die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen



Literaturverzeichnis:  
Die Literaturliste zu diesem Artikel steht Ihnen unter [leistungssport.net/aktuelle-ausgabe](http://leistungssport.net/aktuelle-ausgabe) zur Verfügung oder scannen Sie den QR-Code