

Kemmler W¹, Lauber D², Weineck J², Mayhew JL³, Engelke K¹, Kalender WA¹

Trainingssteuerung im Gesundheitssport. Lastvorgabe versus subjektive Intensitätswahl im präventivsportlichen Krafttraining

*Training Management in Fitness Sports. Prescribed Load versus subjectively-perceived intensity in preventive athletic strength training*¹ Osteoporoseforschungszentrum, Institut für Medizinische Physik, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg² Institut für Sport und Sportwissenschaft, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg³ Truman State University, Kirksville, Missouri, USA

Zusammenfassung

Wir untersuchten den Effekt eines jeweils 12-wöchigen Krafttrainings mit Lastvorgabe vs. eines Trainings mit subjektiver Intensitätswahl auf die dynamische Maximalkraft (1-RM) bei postmenopausalen Frauen mit Trainingserfahrung im Cross-over-Design. Ausgehend von Maximalkrafttests wurde im Lastvorgabeprotokoll der Wiederholungszahl in Anlehnung an vorliegende Formeln eine konkrete Last zugeordnet, die eine Ausbelastung der Teilnehmerinnen bewirken sollte. Beim subjektiven Belastungsprotokoll sollten die Teilnehmer eine Last wählen, die der vorgegebenen Wiederholungszahl unter Ausbelastung entsprechend war. Nach randomisierter Aufteilung der Trainingsgruppen führten die Gruppen die entsprechenden Trainingsformen durch. Es folgte eine 5-wöchige Übergangsphase mit „sanftem Krafttraining“ für beide Gruppen. Nach der 2. Eingangsmessung des 1-RM wechselte Gruppe 1 zum subjektiven Belastungsprotokoll über, Gruppe 2 führte ein Training mit Lastvorgabe durch. Nach Analyse der Maximalkraft ausgewählter Übungen konnten signifikante Zwischengruppenunterschiede zwischen den Protokollen für die Übung Brustdrücken (Lastvorgabe, δ -1-RM: $+6,3 \pm 4,1\%$ vs. subjektive Intensitätswahl, δ -1-RM: $+2,2 \pm 2,6\%$, $p < 0,001$) erfasst werden, während sich bei den verbleibenden Übungen eine tendenzielle Überlegenheit des Lastvorgabeprotokolls zeigte. Obwohl die Intensitätssteuerung über die Lastvorgabe mit höherem Aufwand verbunden ist, sollte ihr Einsatz innerhalb des breiten- und gesundheits-sportlichen Krafttrainings zumindest in Betracht gezogen werden.

Schlüsselwörter: Krafttraining, Gesundheitssport, Trainingssteuerung, Intensität, subjektives Belastungsempfinden

Einleitung

Krafttraining ist selbstverständlicher und akzeptierter Bestandteil eines gesundheitsorientierten Trainings. Dabei sollte sich, zumindest nach erfolgter trainingsinduzierter Adaptation, das Training nicht nur auf die Entwicklung der Kraftausdauer beschränken, da sich viele Endpunkte wesentlich besser über ein Training im intensiven bis hochintensiven Belastungsbereich realisieren lassen. So ist z.B. im Bereich der Frakturprophylaxe sowohl im Hinblick auf die Sturzhäufigkeit (17) als auch auf die Knochenfestigkeit (15), insbesondere die Maximalkraft zentraler Prädiktor beider Größen. Während bei untrainierten Personen die (Maxi-

Summary

The purpose of this study was to examine the effect on fatigue of a regulation of resistance training by load prescription using predictive formulas versus by a perceived exertion protocol in well-trained early postmenopausal women. Two groups of altogether 49 subjects were randomly assigned to begin either with 12 weeks of the load prescription or 12 weeks of the perceived exertion protocol. After another 5 weeks of regenerational resistance exercise, the subgroup performing the load prescription protocol during the first 12 weeks crossed over to the 12-week perceived exertion protocol and vice versa. One repetition maximum (1-RM) values of leg press, bench press, rowing, and leg adduction were measured at baseline and after each period. The load prescription protocol resulted in significant increases for all four strength measurements ranging between 3.2% and 6.3% 1-RM changes were lower (2.0% to 4.6%) in the perceived exertion protocol, however all changes were significant. Although the results of the load prescription protocol were superior for all exercises, significant differences ($p < 0.001$) could be assessed for bench press only. However, taking into account that problems due to data management could be easily solved by suitable software which includes predictive formulas for the transformation of 1-RM-tests to submaximal training loads, we think load prescription protocols should be used more frequently in resistance training for fitness and prevention.

Key words: resistance training, prevention, exercise prescription, self-selected resistance training intensity, predictive formulas

mal)Kraft vergleichsweise leicht und durch unspezifische Methoden verbessert werden kann (27), muss bei Personen mit weitgehend abgeschlossener Adaptation eine durchdachtere Steuerung der Trainingsvariablen und Belastungsnormativa (7) stattfinden. Dabei stellt sich für das zentrale Belastungsnormativum „Reizintensität“ besonders bei trainierten Personen die Frage der konkreten Vorgabe. Grundsätzlich existieren zwei Möglichkeiten (28) zur Intensitätsvorgabe:

a. eine direkte Vorgabe der Last [N bzw. kg, pounds] als prozentuale Ableitung des 1-Wiederholungsmaximums (1-RM) wie im Leistungssport allgemein üblich (19, 21) oder

b. eine subjektive Wahl der Last bei Vorgabe des Belastungsempfindens/Ausbelastungsgrades (3, 5, 9, 25), jeweils bei vorgegebener Wiederholungszahl.

Tabelle 1: Anthropometrische Größen, Energieaufnahme und Maximalkraft (1-RM) der Testgruppen TG1 und TG2 zu Beginn der Untersuchung. ¹ = Die Berechnung der Kraft [N] erfolgte aus der Berechnung der Masse [kg]. N.s.=nicht signifikant, p<0,05

Parameter	TG 1 (n = 26)	TG 2 (n = 23)	p
Alter [Jahre]	56,8 ± 3,1	56,9 ± 3,1	n.s.
Größe [cm]	163,9 ± 6,4	164,4 ± 6,6	n.s.
Gewicht [kg]	66,7 ± 8,3	67,4 ± 8,5	n.s.
Körperfett [%]	35,8 ± 5,3	35,7 ± 5,5	n.s.
Lean Body Mass [kg]	41,7 ± 3,5	42,7 ± 3,5	n.s.
Energiezufuhr [kJ/d]	7 796 ± 1 191	7 821 ± 1 087	n.s.
Beinpresse [N] ¹	1 694 ± 203	1 762 ± 195	n.s.
Brustdrücken [N]	452 ± 54	464 ± 51	n.s.
Rudern [N]	450 ± 49	455 ± 50	n.s.
Beinadduktion [N]	425 ± 73	439 ± 72	n.s.

Obwohl sich in der einschlägigen deutschen Fachliteratur regelmäßig Forderungen nach Maximalkrafttests als Bezugswertbasis für die weitere Trainingsplanung finden (6, 29), ist die Durchführung von Maximal- oder Submaximalkrafttests und deren Transformierung in Rahmentrainingspläne im gesundheitssportlichen Krafttraining in Deutschland, im Gegensatz zu den USA, kaum üblich. Als Grund für diese Zurückhaltung kommen neben unterschiedlichen Gründen wie erhöhte Verletzungsgefahr, mangelnde Compliance, messtechnische Probleme, Probleme der Transformierbarkeit der Maximalkraftwerte in die Wiederholungsbereiche (8, 10) vor allem der erhöhte messtechnische und rechnerische Aufwand – also die Berechnung der Last für die jeweilige Übung und der jeweiligen Trainingseinheit unter Berücksichtigung der Trainingsperiodisierung und des Leistungszuwachses – in Frage. Grundsätzlich sollte sich die Entscheidung, welche Methode der Intensitätssteuerung angewandt werden soll, jedoch primär an deren Effektivität orientieren. Unseres Wissens existiert derzeit aber keine Untersuchung, die beide Protokolle hinsichtlich ihres Effekts auf die Entwicklung der Maximalkraft bei Frauen in mittlerem-hohen Alter untersucht.

In dieser Untersuchung gehen wir deshalb der Frage nach, ob die direkte Vorgabe der Trainingslast in kg (Gruppe Lastvorgabe = TG1) zu deutlicheren Auslenkungen der Maximalkraft führt als eine subjektive Wahl (Gruppe subjektive Vorgabe = TG2) der Belastungsintensität bei Vorgabe des Belastungsempfindens/Ausbelastungsgrades.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde als randomisierte Cross-over-Studie geplant. Insgesamt nahmen 67 Teilnehmerinnen (56,8 ± 3,1 Jahre) der Trainingsgruppe der „Erlanger Fitness und Osteoporose-Präventions-Studie“ (EFOPS; 16) an der vorliegenden Untersuchung teil. Gemäß dem EFOPS-Protokoll zeigten sich die Teilnehmerinnen als eine homogene Gruppe gesunder, initial untrainierter, frühpostmenopausaler Frauen ohne Medikation mit Auswirkung auf Knochen oder Muskel. Alle Teilnehmerinnen ga-

ben ihre schriftliche Einwilligung (Ethikantrag Nr. 905, Universität Erlangen).

Der Start der vorliegenden Untersuchung erfolgte 27 Monate nach dem Studienstart der EFOPS-Studie. Die Teilnehmerinnen wurden zu Beginn der vorliegenden Studie über eine Gruppen-Randomisierung zwei Studiengruppen (TG 1 und TG 2) zugewiesen. Tabelle 1 zeigt, dass beide Gruppen bezüglich beeinflussender Parameter keine Unterschiede aufweisen. Trotzdem nutzten wir zur Sicherstellung weitgehendster Vergleichbarkeit der Studienprotokolle ein Cross-over-Design, in dem die Testgruppen beide Phasen durchliefen, so dass die jeweiligen Individuen ihre eigene Kontrolle darstellen (Tab. 2). Mögliche Sequenzeffekte wurden mittels Vergleich beider Trainingsperioden/Gruppe überprüft (Abb. 1). TG 1 führte während Phase 1 zunächst ein Training mit Vorgaben der Last [kg] aus, während TG 2 ein Belastungsprotokoll mit subjektiver Belastungswahl, jeweils unter Ausbelastung, durchführte. Nach 5-wöchiger Test- und Übergangsphase, erfolgte ein Wechsel der Trainingsprotokolle während Phase 2, so dass TG 2 mit Lastvorgabe und TG 1 mit subjektiver Intensitätswahl trainierte.

Trainingsprotokoll

Eine genaue Beschreibung des EFOPS-Protokolls wurde schon an anderer Stelle gegeben (16) so dass wir uns hier auf die Krafttrainingssequenz beschränken. Das Trainingsprogramm setzte sich aus zwei gemeinsamen Trainingseinheiten (TE)/Woche von 60-70 Min. sowie 2 Heim-TE von ca. 25 Min. Dauer zusammen. Das gemeinsame

Tabelle 2: Studiendesign, TG=Testgruppe

Zeit	Phase 1 (Woche 1-12)	Übergangsphase (Woche 13-17)	Phase 2 (Woche 18-29)
TG 1 (n=26):	Lastvorgabe	Tests, regeneratives Training	Subjektive Intensitätswahl
TG 2 (n=23):	Subjektive Intensitätswahl	Tests, regeneratives Training	Lastvorgabe

Training gliederte sich in eine TE/Woche an Kraftgeräten (Technogym, Gambettola, Italy) sowie eine TE/Woche mit Kurzhanteln und Handgeräten. Folgende Übungen wurden durchgeführt: horizontale Beinpresse, Beinextension, Beinbeugen, Beinadduktion und -abduktion, Rudern, Latissimus-Ziehen, Rumpfflexion, Brustdrücken, Rumpfflexion, Schulterheben (alles an Kraftgeräten), breitbeiniges Kniebeugen, Kurzhantelrudern und Brustdrücken mit der Kurzhantel. Die Last konnte sehr genau gesteuert werden.

Innerhalb der EFOPS-Studie wechselten sich nach einem 8-monatigen, einführenden Trainingszeitraum periodisierte 3-monatige Trainingsphasen mit hoher Belastungsintensität (65-92,5 % 1-RM) mit 4- bis 6-wöchigen Trainingsphasen niedrigerer Reizintensität und regenerativer Ausrichtung (50-60 % 1-RM) ab. Basis der Trainingsplanung waren regelmäßig (jeweils vor und nach den hochintensiven Trainingsphasen) durchgeführte Maximal- und Submaximalkrafttests.

In der vorliegenden Arbeit wurden mit Ausnahme der Intensitätsvorgabe sämtliche Trainingsparameter und Belastungsnormative der beiden Trainingsprotokolle identisch gestaltet. Das Trainingsprotokoll wurden linear periodisiert (Abb. 2). Die Pause zwischen den Sätzen bzw.

Messungen

Anwesenheit und Compliance wurden anhand der Anwesenheitslisten und retrospektiver Analyse der Trainingspläne ermittelt. Teilnehmer mit einer Anwesenheit von <20 TE (von möglichen 24 TE) innerhalb Phase 1 bzw. 2 wurden von der Analyse ausgeschlossen.

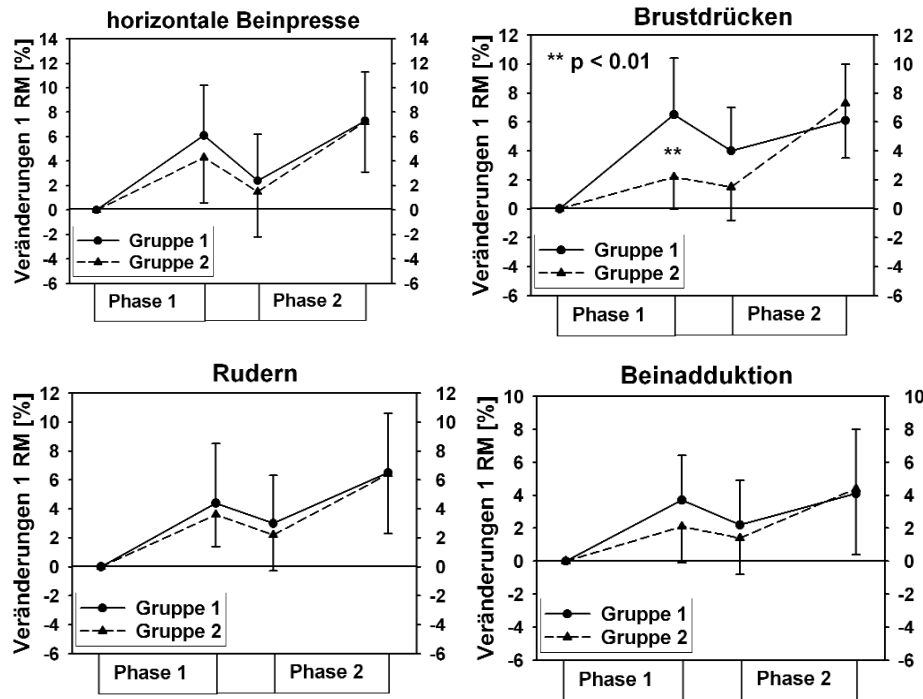


Abbildung 1: Entwicklung der Maximalkraft über die Trainingsphasen. Während den ersten 12 Trainingswochen (Phase 1) führt Testgruppe 1 das Lastvorgabeprotokoll, Testgruppe 2 die subjektive Intensitätswahl durch. Nach 5-wöchiger Übergangsphase mit identischem Training, führte Testgruppe 1 die subjektive Intensitätswahl, Testgruppe 2 das Lastvorgabeprotokoll durch. **: Zwischengruppenunterschied zwischen Gruppe 1 (Lastvorgabe) und Gruppe 2 (subjektive Belastungswahl) nach erster Belastungsphase

Übungen betrug 120-150 Sek. Die Vorgabe der Bewegungsgeschwindigkeit war moderat (ca. 2 Sek. konzentrisch – 1 Sek. statisch – 2 Sek. exzentrisch).

Innerhalb des subjektiven Intensitätsprotokolls wurde wie auch im Lastvorgabeprotokoll die Wiederholungszahl jeweils vorgegeben. Die Teilnehmer sollten eine Last wählen, die der Wiederholungszahl unter Ausbelastung („letztmögliche, technisch korrekte Wiederholung“) angemessen war.

Für die Berechnung der Trainingslast und zugeordneter Wiederholungszahlen entschieden wir uns nach Anwendung verschiedener Prognoseformeln (30) für die Formeln von O’Conner (24). Innerhalb des Lastvorgabe-Protokolls erfolgte eine Abfrage der Realisierung dieser Vorgabe (zu leicht vs. adäquat vs. zu schwer) bei den 4 Testübungen. Im Gegensatz zu allen anderen Trainingsphasen wurde in dieser Arbeit aus Gründen der Vergleichbarkeit beider Protokolle eine Ausbelastung (Durchführung der Serie bis zur letztmöglichen, technisch einwandfrei geleisteten Wiederholung) der Teilnehmerinnen angestrebt und vorgegeben.

Zwischen den beiden Trainingsphasen erfolgte eine 5-wöchige Test- und Übergangsphase (Tab. 2) mit Feiertagen sowie regenerativem und „sanftem“ Krafttraining (2) im Kraftausdauerbereich.

Unmittelbar vor und nach Phase 1 und 2 wurden nach 10-minütiger aerober Erwärmung die Maximalkrafttests (1-RM-Test) gemäß dem Protokoll von Kraemer et al. (18) durchgeführt. Jeweils 3-4 Personen mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit führten unter Leitung eines Untersuchers die Tests in gleichbleibender Reihenfolge und unter vergleichbaren Rahmenbedingungen durch. Die letzten 2 Tage vor dem Test wurde kein Training durchgeführt, anstrengende körperliche Betätigung hatte ebenfalls zu unterbleiben. Innerhalb dieser Arbeit stellen wir die Ergebnisse der Übungen Beinpresse, Brustdrücken, Rudern und Beinadduktion vor. Die Reproduzierbarkeit unserer 1-RM-Tests wurde sowohl nach 6 Monaten (CV≤5,9 %) als auch nach 26 Monaten (CV≤3,8 %) überprüft.

Statistik

Zur Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen, der prozentualen Veränderungen im Verlauf (δ-Werte) sowie anderer statistischer Kennzahlen wurde das Computerprogramm SPSS (Version 12.0) benutzt. In Abhängigkeit von der Werteverteilung erfolgte die Berech-

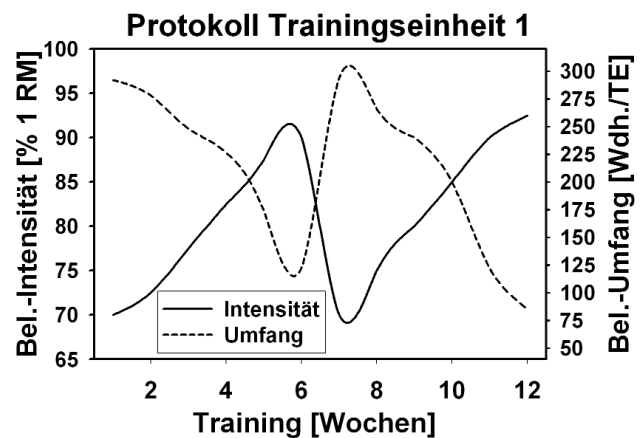


Abbildung 2: Periodisierungsstrategie des Gerätetrainings. Eine vergleichbares Protokoll wurde für die freien Übungen durchgeführt. Die Belastungsintensität orientiert sich am Lastvorgabeprotokoll. Bel.-Intensität: Belastungsintensität. Bel.-Umfang: Belastungsumfang. WDH/TE: Wiederholungen je Trainingseinheit. 1-RM: Einwiederholungs-Maximum

nung der Signifikanz mittels T-Test für abhängige oder unabhängige Stichproben. Bei fehlender Voraussetzung für den T-Test wurde der Wilcoxon- respektive der Whitney-Mann U-Test angewendet. Die Verteilung der Werte wurde mittels Kolmogorow-Smirnov-Test, die Varianzhomogenität mittels Levene-Test überprüft. Zusätzlich wurden die gruppenspezifischen Veränderungen je Phase mittels zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung auf Zwischengruppenunterschiede überprüft. Beide statistischen Verfahren zeigten bezogen auf die Irrtumswahrscheinlichkeit vergleichbare Ergebnisse. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % ($p < 0,05$) wird als statistisch signifikant erachtet.

Ergebnisse

Keine der Teilnehmerinnen verließ während der ca. 7-monatigen Studiendauer die Untersuchung. Insgesamt 49 Frauen erfüllten das Einschlusskriterium von ≥ 20 TE/Trainingsphase und wurden in die Datenberechnung eingeschlossen. Während des Interventionszeitraumes traten bei keinem Belastungsprotokoll oder Krafttest Verletzungen oder Beschwerden auf.

Zusammenfassend wurde die vorgegebene Last in den 4 Testübungen in ca. 81 % der Vorgaben von den Teilnehmerinnen als adäquat beurteilt, 11 % der Vorgaben wurden als zu leicht eingestuft, in 8 % der Fälle konnten nicht alle Wiederholungen mit der vorgegebenen Last bewältigt werden.

Tabelle 1 zeigt anthropometrische Variablen und die Maximalkraft unserer Testübungen vor Interventionsbeginn. Für keinen der aufgeführten Parameter zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

Abbildung 1 stellt die Entwicklung des 1-RM der beiden Subgruppen über den gesamten Testzeitraum dar.

Abbildung 3 zeigt die durchschnittlichen (Phase 1 und 2), über beide Gruppen erfassten Werte der Testübungen für beide Trainingsprotokolle. Beide Methodenvarianten zeigen eine signifikante Verbesserung des 1-RM-Wertes aller 4 Übungen. Bei Vergleich der Effektivität beider Programme auf der Basis der prozentualen Veränderung zeigen sich für die Übungen Beinpresse, Rudern und Beinadduktion tendenzielle ($p = 0,30$ bis $p = 0,055$), für die Übung Brustdrücken eine signifikante Überlegenheit ($p < 0,001$) der Lastvorgabe gegenüber einer subjektiven Intensitätswahl.

Diskussion

Die vorliegende Studie verfolgte das Ziel, den Effekt von zwei unterschiedlichen Strategien der Intensitätssteuerung auf die Maximalkraft im Rahmen gesundheitsorientierten Sporttreibens zu determinieren. Um eine möglichst uneingeschränkte Aussagekraft und Relevanz unserer Untersuchung zu gewährleisten, gestalteten wir unsere methodische Vorgehensweise sehr sorgfältig:

1. Die Einteilung der Gruppen erfolgte randomisiert und es wurde eine Kreuzung (cross-over) der Gruppen durchgeführt, was die uneingeschränkte Vergleichbarkeit beider Gruppen (Tab. 1) bzw. Belastungsprotokolle sichern sollte.
2. Teilnehmerinnen mit potenziellen Störfaktoren bezüglich Ernährung, Medikation, Erkrankungen und Lifestyle-Veränderungen wurden nicht in die EFOPS-Studie eingeschlossen bzw. bei Eintreten des Störfaktors nach Einschluss von der Analyse ausgeschlossen.
3. Die Teilnehmerinnen durchliefen im bisherigen Interventionszeitraum (27 Monate) bereits 4 hochintensive Trainingsphasen zwischen 65 und 92,5 % 1-RM unter Lastvorgabe. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Teilnehmerinnen den vorgegebenen Wiederholungszahlen durchaus eine angemessene Last zuordnen konnten. Nur diese Fähigkeit gewährleistet u.E. nach einen realistischen Vergleich beider Protokolle.
4. Für das Lastvorgabeprotokoll belegt die vergleichsweise geringe Anzahl von Vorgaben, die entweder nicht technisch einwandfrei bewältigt werden konnte (8 %) oder als zu leicht eingeschätzt wurde (11 %), die hohe Validität der beschriebenen Vorgehensweise.
5. Nur Teilnehmerinnen mit hoher Anwesenheitsrate gingen in die Analyse ein.
6. Das vorliegende Ergebnis wurde durch zwei unabhängige Testverfahren überprüft und bestätigt (s. Methodik).

Neben den Stärken soll auch auf eine Limitation der Untersuchung hingewiesen werden. So war die Übergangsphase zwischen den Belastungsphasen zu kurz gewählt, um die Veränderungen des 1-RM komplett „auszuwaschen“. Obgleich wir keine signifikanten Sequenzeffekte erfassten, könnte dieser Faktor gleichwohl einen Erklärungsbeitrag für unser Ergebnis liefern.

Der Hintergrund dieser Studie war pragmatisch. Unter der Prämisse, dass die Methode der Intensitätsregelung durch Lastvorgabe mit höherem organisatorischen Aufwand und einem möglicherweise erhöhten Verletzungsrisiko verknüpft wird, muss sie der einfachen Methode der subjektiven Vorgabe, zumindest was die Steigerung der Maximalkraft betrifft, überlegen sein, um Anwendung im Breiten- und Gesundheitssport zu finden. Die Entscheidung, ob die Methode der Lastvorgabe der Methode der subjektiven Intensitätswahl tatsächlich überlegen ist, fällt mittels unserer Daten sehr schwer. Zunächst imponieren beide Intensitätsvorgaben mit signifikant positivem Einfluss auf die Entwicklung der Maximalkraft und sind somit also grundsätzlich geeignet, bei gut trainierten Kollektiven die Maximalkraft zu steigern. Ein Vergleich beider Protokolle zeigt, dass die Methode der Lastvorgabe zwar für alle Testübungen tendenziell höhere 1-RM-Zuwächse erzielt, Zwischengruppenunterschiede aber nur für eine Übung statistisch signifikant (dort allerdings $p < 0,001$) abgesichert werden können.

Nach retrospektiver Analyse der Trainingstagebücher kommen u.E. nach zwei Gründe für die tendenziell – signifikant geringeren Verbesserungen des 1-RM in der Gruppe mit subjektiver Belastungswahl in Betracht:

1. Unsere Teilnehmerinnen konnten trotz einschlägiger Vorerfahrung der Wiederholungszahl besonders im ersten Trainingssatz oft nicht die angemessene (hohe) Last zuordnen.
2. Die Teilnehmerinnen wählten die Last im höheren Intensitätsbereich zurückhaltender, wohl deswegen, weil wenige Wiederholungen bei hoher Intensität als beanspruchender empfunden wurden als viele Wiederholungen bei geringer Intensität (5, 9).

Zusammenfassend kann aber festgehalten werden, dass die Methode der subjektiven Intensitätswahl beim trainierten Individuum mit entsprechender Erfahrung als geeignet erscheint positiven Einfluss auf die Entwicklung der Maximalkraft zu nehmen. Dieses Ergebnis steht in gewissem Gegensatz zu Ergebnissen bei Untrainierten. Glass et al. zeigen für Personen ohne Vorerfahrung sowohl für das Ausdauer- (11) als auch für das Krafttraining (12), dass die Belastungsintensität ohne vorhergehende Tests respektive Erfahrungswerte deutlich unter dem fokussierten Bereich gewählt wird. Besonders beim Krafttraining lag die selbstgewählte Belastungsintensität in einem Intensitätsbereich, der für das angestrebte Trainingsziel unerschwinglich war. Wir folgern daraus, dass die subjektive Intensitätswahl für un- oder wenig trainierte Personen, besonders unter der Prämisse submaximaler Ausbelastung durch Angabe der Belastungsempfindung, ein sich selbst steuerndes System ohne Erfahrungswert darstellt und somit für die Belastungssteuerung dieses Kollektivs nicht geeignet erscheint.

Obwohl unsere Ergebnisse für Individuen mit erheblicher Trainingsvorerfahrung keine uneingeschränkte Empfehlung zulässt, erscheint die Methode der Lastvorgabe zumindest tendenziell als besser geeignet, die Maximalkraft zu steigern. Auf der anderen Seite ist es fraglich, ob diese lediglich „tendenzielle Überlegenheit“ den unbestritten höheren Aufwand dieser Methode rechtfertigt:

- a. regelmäßige Durchführung geeigneter sportmotorischer 1-RM bzw. X-RM-Tests
- b. eine darauf basierende verlässliche Herleitung der Bezugswerte für alle Trainingsinhalte
- c. die Ableitung individueller Trainingspläne
- d. die rechnerische Berücksichtigung der Leistungszuwächse über die Trainingsphase.

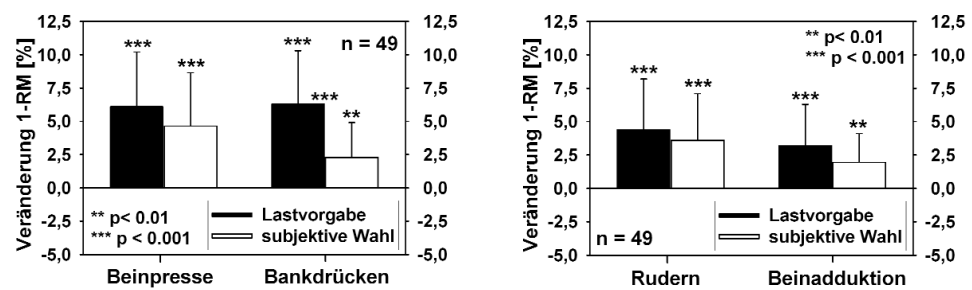


Abbildung 3: Kumulierte Werte (1-RM) der Testübungen für die Lastvorgabe vs. subjektive Intensitätswahl. Die Sterne über den Standardabweichungen repräsentieren das Signifikanzniveau der Veränderung des 1-RM je Gruppe, die Sterne zwischen den Balken (Übung Bankdrücken) markieren Zwischengruppenunterschiede. n=49

Betrachtet man zunächst c. und d. so kann eine Individualisierung von Rahmentrainingsplänen für einzelne Sportler für den i.d.R. im Gruppenrahmen stattfindenden Breiten- und Gesundheitssport über geeignete Softwarelösungen ökonomisch bewerkstelligt werden.

Trotz einiger Bedenken zur Durchführung sportmotorischer Tests im Kraftbereich z.B. Verletzungsgefahr (4, 10), unbrauchbare Bezugswerte (4), messtechnische/organisatorische Schwierigkeiten (4), Testcompliance (14) halten wir die Durchführung dieser Art von Trainingskontrollen abgesehen von dem nötigen zeitlichen Aufwand (Ausnahme: in das Training integrierte X-RM-Tests) bei adäquater Vorbereitung und Compliance der Teilnehmer aufgrund unserer bisherigen Erfahrungen für weitgehend unproblematisch.

Als zentrales methodisches Problem der Intensitätsregelung durch Lastvorgabe wird die Transferierbarkeit der durch die 1-RM erhobenen Maximallast in die Wiederholungsbereiche diskutiert (Punkt b.). So weisen einige Autoren (4, 13, 20) zumeist im Zusammenhang mit Prognoseformeln zur Bestimmung des 1-RM aus X-RM-Tests darauf hin, dass das Verhältnis zwischen Last und Wiederholungszahl zwischen den unterschiedlichen Übungen respektive Körperregionen nicht immer konstant ist. Auffälligerweise weicht immer die Übung „Beinpresse“ mit deutlich höheren Wiederholungszahlen von den übrigen Trainingsinhalten ab. Wood et al. (30) kommen in einem Kollektiv älterer Männer bzw. früh-postmenopausaler Frauen indes zu einem vergleichbaren Verhältnis zwischen den Übungen. Somit könnte eine einzelne Berechnungsformel in Abhängigkeit vom fokussierten Kollektiv (1, 8), die Last in einigen Übungen nicht mit hinreichender Präzision prognostizieren. Es existiert jedoch eine große Anzahl von Algorithmen (19, 22, 26), welche sich spezifisch auf Geräte oder Gerätegruppen, die Bewegungsgeschwindigkeit sowie unterschiedliche Kollektive (Alter, Geschlecht, Trainingszustand) beziehen und das 1-RM durch submaximale Tests mit ausreichender Genauigkeit berechnen (23, 26, 30). Umgekehrt kann über diese Formeln, ausgehend vom 1-RM-Bezugswert, die Last in den Wiederholungsbereichen mit hinreichender Genauigkeit berechnet werden. Macht man sich die Mühe der Überprüfung der Eignung dieser Formeln für

das eigene Kollektiv bzw. die fokussierten Übungen (30), so sollte sich angesichts der Vielzahl der vorliegenden Forschungsergebnisse eine adäquate Formel finden lassen.

Zusammenfassend ist die Intensitätssteuerung durch Lastvorgabe derjenigen durch subjektive Intensitätswahl leicht überlegen. Diese Einschätzung beschränkt sich allerdings auf Kollektive mit zumindest fortgeschrittener Trainingserfahrung, die in der Lage sind, einer vorgegebenen Wiederholungszahl eine entsprechende Last zuzuordnen. Insgesamt stellt die Methode der Lastvorgabe zumindest jedoch eine sinnvolle und machbare Alternative zur subjektiven Intensitätswahl dar.

Literatur

- Braith RW, Graves JE, Leggett SH, Pollock ML: Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Med Sci Sports Exerc* 25 (1993) 132-138.
- Buskies W: Sanftes Krafttraining nach dem subjektiven Belastungsempfinden versus Training bis zur muskulären Ausbelastung. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 316-320.
- Buskies W: Zur Bedeutung des sanften Krafttrainings nach dem subjektiven Belastungsempfinden. *Sportwissenschaft* 31 (2001) 45-61.
- Buskies W, Boeckh-Behrens WU: Probleme bei der Steuerung der Trainingsintensität im Krafttraining auf der Basis von Maximalkraft. *Leistungssport* (1999) 5-8.
- Day ML, McGuigan MR, Brice G, Foster C: Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 353-358.
- Ehlenz H, Grosser M, Zimmermann E: Krafttraining. Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme. Vol. 5. BLV Sportwissen, München, 1998, 33.
- Fleck SJ: Periodized strength training: A critical review. *J. Strength and Cond. Res.* 13 (1999) 82-89.
- Fröhlich M, Schmidtbleicher D, Emrich E, Coen B: Metabolische und kardiovaskuläre Beanspruchung bei spezifisch trainierten und untrainierten Männern im Kraftausdauertraining. *Dtsch Z Sportmed* 54 (2003) 355-360.
- Gearhart RFJ, Goss FL, Lagally KM, Jalcic JM, Gallagher J, Gallagher KI, Robertson RJ: Ratings of perceived exertion in active muscle during high-intensity and low-intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res* 16 (2002) 87-91.
- Gießing J: Trainingsplanung und -steuerung beim Muskelaufbautraining. *Leistungssport* (2003) 26-31.
- Glass SC, Holcomb RR: Heart rate response associated with non-paced exercise description using rate of perceived exertion. *J Strength Cond Res* 11 (1997) 246-250.
- Glass SC, Stanton DR: Self-selected resistance training intensity in novice weightlifters. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 324-327.
- Hoeger W, Hopkins D, Barette, S., Hale D: Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *J Appl Sport Sci Res* 4 (1990) 47-54.
- Hollmann W, Hettinger T: Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Thieme, Stuttgart, 1990, 117.
- Kemmler W, Beeskow C, Pintag R, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender W, Engelke K: Umsetzung moderner trainingswissenschaftlicher Erkenntnisse in ein knochenanaboles Training für früh-postmenopausale Frauen - Die Erlanger Fitness und Osteoporose Präventions Studie (EFOPS). *Osteologie* 13 (2004) 65-77.
- Kemmler W, Engelke K, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender WA: Impact of intense exercise on physical fitness, quality of life, and bone mineral density in early postmenopausal women. Year 2 results of the Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study (EFOPS). *Arch Int Med* 164 (2004) 1084-1091.
- Kenny RA, Rubenstein LZ, Martin FC, Tinetti ME: Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. *J Am Geriatr Soc* 49 (2001) 664-672.
- Kraemer WJ, Gordon SE, Fleck SJ, et al.: Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med* 12 (1991) 228-235.
- LeSuer DA, McCormick JH, Mayhew JL, Wasserstein RL, Arnold MD: The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *J Strength Cond Res* 11 (1997) 211-213.
- Marschall F, Fröhlich M: Überprüfung des Zusammenhangs von Maximalkraft und maximaler Wiederholungszahl bei deduzierten submaximalen Intensitäten. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 311-315.
- Mayhew JL, Clemens JC, Busby KL, Cannon JS, Ware JS, Bowen JC: Cross validation of equations to predict 1-RM bench press from repetitions to failure. *Med Sci Sports Exerc* 27 (1995) S209.
- Mayhew JL, Kerksick CD, Lentz D, Ware JS, Mayhew DL: Using repetitions to fatigue to predict one-repetition bench press in male high school athletes. *Pediatr Exerc Sci* 16 (2004) 265-276.
- Mayhew JL, Prinster JL, Ware JS, Zimmer DL, Arabas JR, Bemben MG: Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. *J Sports Med Phys Fitness* 35 (1995) 108-113.
- O'Conner P, Simmons J, O'Shea P: Weight training today. West Publ., St. Paul, MN, 1989, 26-33.
- Pincivero DM, Coelho AJ, Campy RM: Perceived exertion and maximal quadriceps femoris muscle strength during dynamic knee extension exercise in young adult males and females. *Eur J Appl Physiol* 89 (2003) 150-156.
- Rodrigues-Pereira MI, Gomes PS: Muscular strength and endurance tests: reliability and prediction of one repetition maximum - reviews and new evidences. *Rev Bras Med Esporte* 9 (2003) 336-346.
- Stone MH, Plisk SS, Stone ME, Schilling BK, O'Bryant HS, Pierce KC: Athletic performance development: Volume load - 1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *Strength & Con* 20 (1998) 22-31.
- Tan B: Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *J Strength Cond Res* 13 (1999) 289-304.
- Weineck J: Optimales Training. Spitta-Verlag, Erlangen, 2000, 317.
- Wood TM, Maddalozzo GF, Harter RA: Accuracy of seven predictions for predicting 1-RM performance of apparently healthy, sedentary older adults. *Measure PE & Ex Sci* 6 (2002) 67-94.

Korrespondenzadresse:
 PD Dr. Wolfgang Kemmler
 Osteoporoseforschungszentrum
 Friedrich-Alexander Universität Erlangen
 Henkestrasse 91
 91054 Erlangen
 E-mail: wolfgang.kemmler@imp.uni-erlangen.de