

M. Fröhlich, D. Schmidtleicher, E. Emrich

Belastungssteuerung im Muskelaufbautraining Belastungsnormativ Intensität versus Wiederholungszahl

Training control in hypertrophy training Intensity vs. repetition

Johann Wolfgang Goethe-Universität, Institut für Sportwissenschaften Frankfurt am Main

Zusammenfassung

In der vorliegenden empirischen Studie sollte einerseits untersucht werden, in wie weit im Muskelaufbautraining (Methode der erschöpfenden submaximalen Krafteinsätze) ein festes Verhältnis von Belastungsintensität und Wiederholungszahl über mehrere Serien existiert. Andererseits war es Zielstellung, zwei unterschiedliche Belastungsmethoden („konstante Last“ vs. „konstante Wiederholungszahl“) miteinander zu vergleichen. Beim Belastungstreatment „konstante Last“ sollten 10 Probanden bei 85 % 1-RM über insgesamt 6 Serien mit einer Serienpause von 3 min in den einzelnen Serien die maximal mögliche Anzahl an Wiederholungen realisieren. Beim Belastungstreatment „konstante Wiederholungszahl“ sollten die 10 Probanden jeweils 8 Wiederholungen in 6 Serien realisieren, wobei die Last jeweils so angepasst wurde, dass „konstant“ acht Wiederholungen zur Ausbelastung führten. Zum Methodenvergleich wurde der Parameter physikalische Arbeit herangezogen.

Die Wiederholungszahlen beim Belastungstreatment „konstante Last“ reduzieren sich von Serie zu Serie (1. Serie $6,3 \pm 1,7$ Wdh., 2. Serie $5,0 \pm 1,4$ Wdh., 3. Serie $3,9 \pm 1,5$ Wdh., 4. Serie $3,3 \pm 1,3$ Wdh., 5. Serie $2,9 \pm 1,5$ Wdh., 6. Serie $2,1 \pm 1,2$ Wdh.; $F = 10,86$; $p < 0,001$).

Die Last beim Belastungstreatment „konstante Wiederholungszahl“ muss von Serie zu Serie neu angepasst werden (1. Serie $60,0 \pm 7,3$ kg, 2. Serie $56,5 \pm 7,7$ kg, 3. Serie $54,2 \pm 7,3$ kg, 4. Serie $52,3 \pm 7,1$ kg, 5. Serie $50,5 \pm 7,4$ kg, 6. Serie $49,3 \pm 7,5$ kg). Bei Belastungsvorgabe „konstante Wiederholungszahl“ wird signifikant mehr physikalische Arbeit verrichtet als bei Belastungsvorgabe „konstante Last“ ($F = 19,76$; $p < 0,001$).

Schlüsselwörter: Arbeit, Beanspruchung, Belastung, Intensität, Wiederholungszahl

Einleitung

Krafttraining ist heute fester Bestandteil des Trainings in nahezu jeder Sportart. Jedoch bestehen in bestimmten Disziplinen, wie im Ausdauer- oder Sportspielbereich, noch berechnete Unsicherheiten über die adäquaten Belastungen (28). Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird die Trainings- bzw. Belastungssteuerung im Krafttraining mit Hilfe eines Maximalkrafttests für die jeweilige Übung durchgeführt (25). Im wei-

Summary

The purpose of this empirical study was: 1st: To evaluate a given relationship between intensity and the number of repetitions over six series in a hypertrophy training. 2nd: To evaluate two different training settings for hypertrophy training („constant load“ vs. „constant repetition“). Ten male subjects volunteered for the test. Treatment „constant load“ was characterized by a constant intensity (85 % 1-RM). Treatment „constant repetition“ was controlled by an almost constant number of repetition. Totally, all the subjects had to carry out six series with a 3-minute rest interval between the sets in each of the two settings. The workload was calculated for comparison of these two different training settings. The results are:

There exist no fixed relationships between intensity and number of repetitions over six series (1. serie 6.3 ± 1.7 rep., 2. serie 5.0 ± 1.4 rep., 3. serie 3.9 ± 1.5 rep., 4. serie 3.3 ± 1.3 rep., 5. serie 2.9 ± 1.5 rep., 6. Serie 2.1 ± 1.2 rep.; $F = 10.86$; $p < .001$).

By a constant number of repetitions the load decreased over the six series (1. serie 60.0 ± 7.3 kg, 2. serie 56.5 ± 7.7 kg, 3. serie 54.2 ± 7.3 kg, 4. serie 52.3 ± 7.1 kg, 5. serie 50.5 ± 7.4 kg, 6. serie 49.3 ± 7.5 kg).

The workload was significant higher in the treatment „constant repetitions“ than in the treatment „constant load“ ($F = 19.76$; $p < .001$).

Key words: workload, strain, stress, intensity, repetition

teren wird die Belastungsintensitätsfestlegung über Prozentangaben im Verhältnis zur isometrischen (MVC) bzw. konzentrischen Maximalkraft (1-RM) vorgenommen. Nach *Martin/Carl/Lehnertz* (23, S. 127) ist eine solche Bemessung der Intensität dann angebracht, wenn als Trainingsziele die „Erweiterung des Energiepotentials“, d. h. „Hypertrophie der Muskelstrukturen“ und „Verbesserung des Energieflusses im Muskel“, angestrebt werden. So sollen aufgrund der Untersuchungen von *Zatsiorsky und Kulik* (31) für den Bereich des

Leistungssports und von *Holton* (18) für den Bereich der Therapie beim Hypertrophietraining (Methode der erschöpfenden submaximalen Krafteinsätze) bei 80 bis 90 % Intensität in Relation zur isometrischen bzw. konzentrischen Maximalkraft bis zur zeitweiligen lokalen Muskeler schöpfung ca. fünf bis zehn Wdh. durchgeführt werden. Der Belastungsumfang wird hierbei mit fünf bis zehn Serien pro Übung angegeben. Die Serienpause soll bei drei bis fünf Minuten liegen (8).

Im Umkehrschluss wird die Wiederholungszahl zur Abschätzung der Intensität verwendet. Diese Vorgehensweise kommt immer dann zur Anwendung, wenn eine Bestimmung der Maximalkraft nicht durchgeführt werden kann oder große Schwierigkeiten damit verbunden sind (5, 24). *Zatsi-*

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der zehn Probanden

	Mittelwert	Stdabw.	Minimum	Maximum
Alter [Jahre]	28,5	9,1	22	52
Gewicht [kg]	73,8	6,8	65	86
Größe [cm]	178,8	7,2	170	193
Hubweg [cm]	39,0	0,6	29	46
Griffbreite [cm]	79,6	4,9	76	91

orsky (32, S. 108) schreibt hierzu explizit: „Die Anzahl an Wiederholungen pro Serie ist das verbreitetste Maß für die Übungsintensität in Situationen, in denen die Maximalkraft Fmm nicht bestimmt oder nur mit Schwierigkeiten bestimmt werden kann.“ Dieses feste Verhältnis von deduzierter Intensität und maximaler Wiederholungsanzahl, wie es von zahlreichen Autoren (7, 13, 14 u.v.a.) angegeben und unreflektiert tradiert wird, scheint jedoch nach neueren Untersuchungsergebnissen nicht mehr gerechtfertigt zu sein (2, 4, 5, 10, 11, 15, 16, 22). Vielmehr spielen Faktoren wie die Anzahl der beteiligten Muskelgelenkeinheiten, der Trainingszustand, das Geschlecht, die Trainingsspezifität, die Krafttrainingserfahrung, die Krafttrainingsübung selbst, die Übungsvariation, das Maximalkraftniveau, die Motivation, die Anzahl der Serien usw. eine entscheidende Rolle.

Darüber hinaus wird, in Anlehnung an das phänomenorientierte Belastungs-Beanspruchungs-Konzept, bei einem festen Verhältnis von Belastungsintensität und Wiederholungszahl nicht berücksichtigt, dass bei gleicher Intensität („konstante Last“) in Abhängigkeit von den individuellen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften die subjektiven (Teil-)Beanspruchungen unterschiedlich sind (4, 11, 27).

Berücksichtigt man diese Erkenntnisse auf der Beanspruchungsebene und geht man weiterhin davon aus, dass als physiologische Ursachen eines Muskeldickenwachstums hohe muskuläre Spannungen, hohe intrazelluläre H⁺-Ionenkonzentrationen und eine möglichst weitgehende Ausschöpfung der energiereichen Phosphate in der Muskelzelle angesehen werden (6, 12, 17, 21), so kommt der Wahl einer möglichst effektiven Belastungsgestaltung, welche diese Faktoren berücksichtigt, eine zentrale Rolle zu. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen, sollte in der vorliegenden Studie untersucht werden, inwiefern im oberen Hypertrophietrainingsbereich ein festes Verhältnis von deduzierter Belastungsintensität und Wiederholungszahl über mehrere Seri-

en existiert. Darüber hinaus sollte weiterhin untersucht werden, inwieweit sich eine intensitätsorientierte Belastungsgestaltung („konstante Last“) von einer wiederholungszahlorientierten Belastungsgestaltung („konstante Wiederholungszahl“) unterscheidet, wenn der Parameter physikalische Arbeit berücksichtigt wird.

Methodik

An der Studie nahmen insgesamt 10 Probanden teil. 5 der Probanden waren Leistungssportler der Sportart Badminton mit jahrelanger Erfahrung im Krafttraining. Die andere Gruppe setzte sich aus Freizeitsportlern zusammen, welche ebenfalls langjährige Erfahrung im Krafttraining hatten. A posteriori wurden die beiden Gruppen bzgl. 1-RM und verrichteter Arbeit mit dem Wald-Wolfowitz-Test auf Unterschiede untersucht. Aufgrund der geringen Anzahl der Probanden pro Stichprobe wurde eine Kontinuitätskorrektur durchgeführt. Die korrigierten z-Werte bzw. angepassten p-Werte lassen keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen erkennen, so dass die beiden Gruppen im Folgenden zusammengefasst wurden. In Tabelle 1 sind die anthropometrischen Daten der Probanden dargestellt. Die eigentliche Testübung war Bankdrücken an einer handelsüblichen Multipresse mit hauptsächlicher Beteiligung der Pectoralis-, Deltoideus- und Tricepsmuskulatur. Die Testbedingungen wurden durch die Protokollierung der Bankposition, der Griffbreite, der Hubhöhe zu den zwei Messzeitpunkten konstant gehalten. Da an der Studie nur Krafttrainingserfahrene teilnahmen wurde auf eine Lern- und Gewöhnungsphase verzichtet (20).

Nach einer allgemeinen, vierminütigen Erwärmung an einem Crosstrainer mit 100 rpm, wurden 25 Wdh. mit 20 % des Körpergewichts zur speziellen Erwärmung durchgeführt. Nach einer dreiminütigen Pause erfolgte die Bestimmung der konzentrischen Maximalkraft in Form des 1-RM. Angelehnt an die Vorgehensweise von *Anderson und Kearney* (1) wurde das 1-RM in maximal drei Versuchen mit der trial and error Methode bestimmt.

Treatment

Bei der Treatment-Bedingung eins, sollten die Probanden ausgehend von 85 % des 1-RM über insgesamt 6 Serien mit einer Serienpause von exakt drei Minuten in den einzelnen Serien die maximale Anzahl an Wiederholungen realisieren. Bei der Treatment-Bedingung zwei war es Aufgabe, über sechs Serien jeweils „konstant“ acht Wiederholungen zu realisieren. Auch hier betrug die Serienpause drei Minuten.

Um dies zu gewährleisten, musste die Gewichtlast über die einzelnen Serie jeweils neu angepasst werden. Zwischen den beiden Untersuchungstreatments lag genau eine Woche zur Erholung. In dieser Zeit durfte kein Krafttraining für die Brustmuskulatur durchgeführt werden (26). Abhängige Variable von Treatment eins „konstante Last“ war somit die Anzahl der bewältigten Wiederholungen bei 85 % 1-RM. Bei Treatment zwei „konstante Wiederholungszahl“ bestand die abhängige Variable aus der bewältigten Last bei Berücksich-

tigung der Vorgabe, acht Wiederholungen zu realisieren. Um beide Treatments in ihrer Belastungsstruktur vergleichen zu können, wurde aus den Parametern Last x Hubweg x Wiederholungszahl die verrichtete physikalische Arbeit berechnet. Die mittlere Zeit für einen kompletten Bewegungszyklus über den vollen Bewegungsbereich betrug ca. drei Sekunden. Die Zeitdauer für eine Serie wurde protokolliert.

Statistik

Zur Überprüfung der Daten kamen neben den allgemeinen deskriptiven Verfahren wie Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Spannweite, t-Test für gepaarte Stichproben, Wald-Wolfowitz-Test, zweifaktorielle Varianzanalysen (ANOVA), Post-hoc-Tests für Einzelvergleiche (Scheffé-Test) zur Anwendung. Das Signifikanzniveau betrug $p = 0,05$. Die Überprüfung der Varianzhomogenität erfolgte mit dem Levene-Test, die der Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test.

Ergebnisse

Das 1-RM bei Treatment „konstante Last“ lag im Mittel bei $72,5 \pm 9,8$ kg. Bei Treatment „konstante Wiederholungszahl“ betrug das 1-RM durchschnittlich $73,2 \pm 7,7$ kg. Die Unterschiedsprüfung mit dem t-Test für gepaarte Stichproben hat ergeben, dass sich das 1-RM zu den beiden Messterminen nicht signifikant unterscheidet ($t_{(9; 0,05)} = -,628$; $p = 0,545$). Im Muskelaufbautraining kommt es zu einer Reduktion der Wiederholungsanzahl in den einzelnen Serien bei „konstanter Last“.

Tabelle 2: Anzahl der verrichteten Wiederholungen bei 85 % 1-RM vs. bewältigte Last bei 8 Wdh. über 6 Serien sowie benötigte Zeit (MW \pm Stabw.)

Serie	Wdh. bei 85 % 1-RM	Benötigte Zeit [sec]	Bewältigte Last [kg] bei 8 Wdh.	Benötigte Zeit [sec]
1 Serie	6,3 \pm 1,7	21,3 \pm 6,3	60,0 \pm 7,3	22,7 \pm 5,5
2 Serie	5,0 \pm 1,4	17,0 \pm 5,1	56,5 \pm 7,7	23,0 \pm 5,0
3 Serie	3,9 \pm 1,5	13,9 \pm 5,3	54,2 \pm 7,3	22,7 \pm 5,4
4 Serie	3,3 \pm 1,3	12,3 \pm 5,0	52,3 \pm 7,1	21,3 \pm 5,1
5 Serie	2,9 \pm 1,5	11,3 \pm 5,2	50,5 \pm 7,4	20,9 \pm 5,0
6 Serie	2,1 \pm 1,2	9,1 \pm 4,1	49,3 \pm 7,5	20,8 \pm 4,6

So können in der ersten Serie im Mittel $6,3 \pm 1,7$ Wdh. realisiert werden. In der dritten Serie sind es im Durchschnitt nur noch $3,9 \pm 1,5$ Wdh. und in der abschließenden sechsten Serie beträgt die mittlere Wiederholungszahl nur noch $2,1 \pm 1,2$ (Tab. 2). Dies entspricht einer Reduktion der Wiederholungszahl von Serie eins zu Serie sechs von 66 %.

Bei Vorgabe „konstante Wiederholungszahl“ in der Serie kommt es zu einer Verringerung der bewältigten Last von Serie zu Serie. Während zu Beginn im Durchschnitt $60,0 \pm 7,3$ kg acht mal beim Bankdrücken bewegt werden, sind es in der dritten Serie nur noch $54,2 \pm 7,3$ kg. In der letzten Serie können sogar nur noch $49,3 \pm 7,5$ kg gehoben werden. Wie aus Tabelle 2 entnommen werden kann, kommt es aufgrund der Reduktion der Wiederholungszahlen über die einzelnen Serie bei „konstanter Last“ ebenfalls zu einer signifikanten Ver-

Tabelle 3: Verrichtete Arbeit in den Serien 2 bis 6 in Relation zur verrichteten Arbeit in der 1 Serie (MW und Stabw. der Rohdaten)

	Arbeit [Nm] bei konstanter Last (85 % 1-RM)	Arbeit [Nm] bei konstanter Wiederholungszahl (8 Wdh.)
Serie 1	100 %	100 %
Serie 2	79,9 \pm 12,8 %	103,2 \pm 12,2 %
Serie 3	61,6 \pm 14,1 %	95,8 \pm 9,6 %
Serie 4	52,1 \pm 14,9 %	91,3 \pm 14,2 %
Serie 5	45,3 \pm 17,6 %	86,3 \pm 18,1 %
Serie 6	32,6 \pm 17,1 %	84,1 \pm 11,9 %

ringerung der benötigten Zeit ($F = 57,57$; $p < 0,001$). Die Spannweite der Reduktion beträgt dabei von Serie eins zu Serie sechs 12,2 Sekunden. Statistisch verringert sich die benötigte Zeit auch bei der Vorgabe „konstante Wiederholungszahl“ ($F = 4,16$; $p = 0,003$). Die Spannweite beträgt hier von Serie eins zu Serie sechs jedoch nur 2,2 Sekunden.

Um einen Vergleich anstellen zu können, in welchem der beiden Treatments eine größere äußere Gesamtbelastung vorliegt, wurde die verrichtete Arbeit berechnet. Wie Abbildung 1 zeigt, wird bei einem wiederholungszahlorientierten Belastungstreatment mehr phys. Arbeit verrichtet, als bei einem intensitätsorientierten Belastungstreatment. Für den Parameter Arbeit kann dieser Unterschied statistisch abgesichert werden. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Treatments („konstante Last“ vs. „konstante Wiederholungszahl“) ($F = 19,76$; $p < 0,001$) als auch zwischen den einzelnen Serien ($F = 47,00$; $p < 0,001$). Auch die Interaktion „Treatment x Serie“ ist signifikant ($F = 10,86$; $p < 0,001$). Post-hoc Einzelvergleiche mit dem Scheffé-Test zeigen, dass bei Treatment „konstante Wiederholungszahl“ erst ab der 5. bzw. 6. Serie ein Unterschied in der verrichteten Arbeit zur ersten Serie besteht ($p = ,0138$ bzw. $p = ,0097$). Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse für Treatment „konstante Last“. Hier zeigt sich, dass ab der ersten Serie ein signifikanter Unterschied zwischen den Serien besteht ($p = 0,009$).

Setzt man die verrichtete Arbeit der einzelnen Serien in Relation zur ersten Serie, so erhält man ein sehr anschauliches Bild der Reduktion des Parameters Arbeit. Während die Arbeit bei „konstanter Last“ von Serie 1 zu Serie 6 um ca. 67 % zurück geht, ist diese Reduktion bei Treatment „konstante Wiederholungszahl“ ca. 16 % (Tab. 3).

Bildet man über alle 6 Serien die Summe der verrichteten Arbeit bei beiden Treatments, so wird bei Treatment „konstante Wiederholungszahl“ ($9922,6 \pm 2258,5$ Nm) signifikant mehr Arbeit verrichtet, als bei Treatment „konstante Last“ ($5615,7 \pm 2070,3$ Nm). Der t-Wert liegt bei $t_{(9; 0,05)} = -7,546$; $p = 0,001$.

Diskussion

In der Studie sollten primär zwei Fragen beantwortet werden. Einerseits die Frage, ob im oberen Hypertrophie-Bereich ein festes Verhältnis von deduzierter Intensität und Wiederholungszahl sowohl individuell als auch intraindividuell über mehrere Serie existiert. Andererseits die Frage, ob sich

ein intensitätsorientiertes Belastungstreatment im Hypertrophietrainingsbereich („konstante Last“) von einem wiederholungszahlorientierten Belastungstreatment („konstante Wiederholungszahl“) unterscheidet, wenn der Parameter physikalische Arbeit betrachtet wird.

Wie bereits für das Kraftausdauertraining (50 % 1-RM vs. 25 Wdh.) gezeigt werden konnte, kommt es auch beim Hypertrophietraining bei deduzierter Intensität zu einer varia-

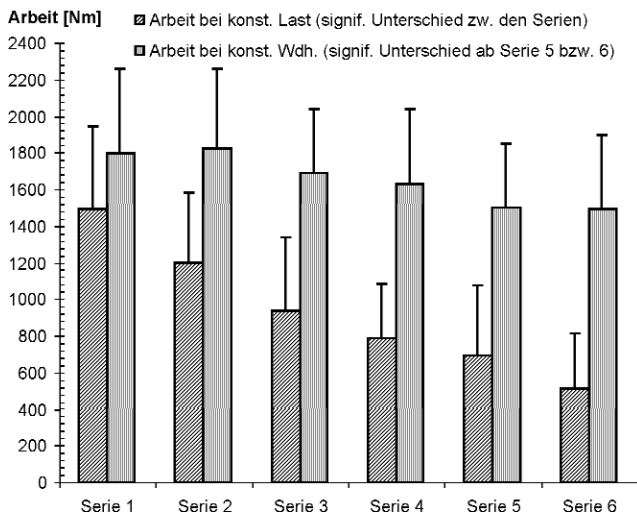


Abbildung 1: Verrichtete Arbeit [Nm] bei „konstanter Last“ (% 1- RM) sowie bei „konstanter Wiederholungszahl“ (8 Wdh.) über sechs Serien

blen Wiederholungsanzahl (10). Diese Variabilität zeigt sich sowohl individuell als auch intraindividuell über die einzelnen Serien. So werden in der ersten Serie durchschnittlich $6,3 \pm 1,7$ Wdh. durchgeführt, wobei die Spannweite von 4 bis 9 Wdh. reicht. In der dritten Serie werden im Mittel $3,9 \pm 1,5$ Wdh. mit einer Spannweite von 2 bis 7 Wdh. durchgeführt. In der abschließenden 6. Serie liegt das Mittel bei $2,1 \pm 1,2$ mit einem Minimum von 0 und einem Maximum von 4. Würde man diese beiden Wiederholungen der letzten Serie mit einer fixen Intensitätsvorgabe, wie es in der Literatur vorgeschlagen wird, gleichsetzen, so wäre man bei einer Belastungsintensität von ca. 95 %, was einem intramuskulären Koordinationstraining entsprechen würde (29). Dadurch wäre die eigentliche Zielstellung nämlich ein Muskelaufbautraining durchzuführen eindeutig verfehlt. Gleiche Ergebnisse konnten für das Kraftausdauertraining bei einer Last von 50 % 1-RM über 6 Serien mit einer Serienpause von exakt einer Minute festgestellt werden. Dort lag die maximale Wiederholungszahl ab der dritten Serie bei $10 \pm 2,9$ Wdh. Also in einem Bereich, der dem Hypertrophietraining zugeordnet ist (10).

Somit belegen auch diese Daten eindrucksvoll, dass eine feste Zuordnung von Intensität und Wiederholungszahl nicht möglich ist (4). Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Untersuchungen von Hoeger et al. (15, 16). Diese fanden bei 7 verschiedenen Krafttrainingsübungen sowie zwischen trainierten und untrainierten Männern und Frauen signifikante Unterschiede in der maximalen Anzahl an Wiederholungen

bei 40, 60 und 80 % der Maximalkraft. So schreibt Hoeger et al. (16, S. 47): „The findings of this study indicate that a given percent of 1 RM will not always elicit the same number of repetitions when performing different lifts.“

Theoretisch müsste somit ein Training, welches über eine „konstante Last“ (fixe prozentuale Intensitätsvorgabe) gesteuert wird, einerseits aufgrund der individuellen Fähigkeiten (z. B. metabolische, neurophysiologische sowie cardiale Situation) zu unterschiedlichen Beanspruchungen führen. Andererseits müsste sich die Beanspruchung über die einzelnen Serien alleine aufgrund der Zeit- und Spannungskomponente unterscheiden. Hinzu kommt, dass eine Intensitätsangabe in Prozent die beteiligte Muskulatur nur in den ersten Wiederholungen bzw. in der ersten Serie mit eben diesem Prozentsatz beansprucht. In den weiteren Wiederholungen bzw. in den folgenden Serien müsste hypothetisch die Intensität (Beanspruchung) zunehmen, da die objektiv gleiche Gewichtsbelastung, die für einen ausgeruhten Muskel als Prozentanteil der Maximalkraft bestimmt wurde, nun von einem vorbelasteten Muskel bewältigt werden muss (5).

Trainingsempfehlungen, die auf Intensitätsangaben ausgehend von der isometrischen bzw. konzentrischen Maximalkraft beruhen, scheinen somit nicht die individuellen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften der einzelnen Probanden zu berücksichtigen. Darüber hinaus wird in der gängigen Trainingspraxis die (Gewichts-) Belastung hauptsächlich über die Wiederholungszahl (maximales Gewicht bei festgelegter Wiederholungszahl) gesteuert (29).

Geht man davon aus, dass das Muskeldickenwachstum durch hohe muskuläre Spannungen, hohe intrazelluläre H^+ -Konzentration und eine möglichst weitgehende Ausschöpfung der energiereichen Phosphate (ATP) bedingt wird (6, 21), so wird bei einem Absinken der Wiederholungszahl über die Serien auf zwei bis drei, der eigentliche adaptive Reiz für das Muskelaufbautraining wahrscheinlich geringer ausfallen, als bei einem Hypertrophietraining mit konstanter Wiederholungszahl über die Serien. Gleiches müsste für die Trainingsmethoden des Kraftausdauertrainings zutreffen. Angelehnt an die ATP-Mangel-Theorie ist bei einer Wiederholungsanzahl von ein bis vier Wdh. die Zeitdauer (1-10 sek) der Serie so kurz, dass das ATP durch das vorhandene Kreatinphosphat in ausreichendem Maße wieder resynthetisiert werden kann. Das ATP-Defizit und der Verschleiß an strukturellen Eiweißen ist dann zu gering, um eine Hypertrophie stimulierende Aktivierung des Eiweißstoffwechsels zu erreichen (12).

Verbleibt die Wiederholungszahl hingegen in einem festgelegten Korridor über die Serien, so wird alleine durch die längere Reizspannung auf den Muskel und durch die größere Ausschöpfung der energieliefernden Phosphate ein größerer Protein-Turnover erreicht (19, 30). Enoka (9, S. 321) merkt hierzu an: „Mechanical stimuli influence not only the quantity but also the quality of muscle tissue (protein) that is synthesized.“ Somit müsste ein Hypertrophietraining, welches durch eine „konstante Wiederholungszahl“ festgelegt ist, zu größeren Anpassungseffekten führen, als ein Hypertrophietraining das über prozentuale Intensitätsvorgaben gesteuert wird (3).

Vergleicht man die Treatments „konstante Last“ vs. „konstante Wiederholungszahl“ bezüglich des Parameters verrichtete Arbeit so erhält man ein sehr eindeutiges Bild der äußeren Belastung. Als Ergebnis und abschließendes Fazit kann aus der zweifaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) folglich konstatiert werden, dass sich die verrichtete Arbeit bei beiden Treatments unterscheidet und dies über die Serien hinweg.

Ausblick und Folgerung für die Praxis

Aus den vorherigen Ergebnissen lassen sich einige interessante Konsequenzen für die Trainingspraxis ableiten:

- Wird bei einem Krafttraining der Belastungsparameter Last (Intensität) bzw. Wiederholungszahl „konstant“ gehalten und soll das Kriterium der Ausbelastung erfüllt sein, so muss der jeweils andere Parameter in spezifischer Weise angepasst werden.
- Sollen sowohl die Last als auch die Wiederholungszahl über die Serien „konstant“ sein, muss die Serienpause verlängert werden.

Diese Tatbestände der Last- bzw. Wiederholungszahlreduktion sind in der Praxis hinlänglich bekannt und werden von den Trainierenden intuitiv umgesetzt. In der gängigen Grundlagenliteratur zur Trainingswissenschaft bzw. zum Krafttraining werden diese Befunde jedoch negiert bzw. nicht erwähnt.

Zukünftigen Forschungsvorhaben sollten Antworten auf folgende Fragen zu finden, um eine gezieltere und somit effektivere Trainingssteuerung durchführen zu können:

- Wie verändert sich die physikalische Arbeit bei einem Training mit „konstanter Wiederholungszahl“ in den einzelnen Serien?
- Wie verändert sich die physikalische Arbeit bei einem Training mit „konstanter Wiederholungszahl“ vs. „konstanter Intensität“?
- Wie verhält sich die zugrundeliegende Beanspruchungssituation bei „konstanter Wiederholungszahl“ vs. „konstanter Intensität“?
- Wie verändert sich in einem Training die zugrundeliegende Beanspruchungssituation bei „konstanter Wiederholungszahl“ vs. „konstanter Intensität“?

Literatur

1. Anderson T, Kearney JT: Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Quarterly Ex Sport* 53 (1982) 1-7.
2. Boeckh-Behrens WU, Buskies W: Fitness-Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 2000.
3. Bührle M, Werner E: Das Muskelquerschnittstraining der Bodybuilder. *Leistungssport* 14 (1984) 3, 5-9.
4. Buskies W, Boeckh-Behrens WU: Probleme bei der Steuerung der Trainingsintensität im Krafttraining auf der Basis von Maximalkrafttests. *Leistungssport* 29 (1999) 3, 4-8.
5. Buskies W: Sanftes Krafttraining. Sport und Buch Strauß, Köln, 1999.
6. Costill D, Coyle E, Fink W, Lesmes G, Witzmann F: Adaptions in skeletal muscle following strength training. *J. Appl. Physiol.* 46 (1979) 96-99.
7. Denner A: Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Springer, Berlin, Heidelberg u.a., 1998.
8. Ehlenz H, Grosser M, Zimmermann E: Krafttraining. Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme. BLV Sportwissen, München, 1998.
9. Enoka, RM: Neuomechanical basis of kinesiology. Human Kinetics, Champaign, Illinois, 1994.
10. Fröhlich M, Klein M, Emrich E, Schmidtbleicher D: Workload as an external criterion for intensity strength training versus repetition strength training. Mester J, King G, Strüder H, et al. (Ed): 6 th Annual Congress of the European College of Sport Science. Sport und Buch Strauß, Köln 2001, 1061.
11. Fröhlich M, Klein M, Felder H, Emrich E, Schmidtbleicher D: Varianzanalytische Betrachtung von deduzierter äußerer Gewichtsbelastung und neuronaler Aktivität. *Leistungssport* 32 (2002) 1, 41-45.
12. Goldspink G: Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. Komi P. V. (Ed): *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publications, Oxford 1992, 211-229.
13. Harre D: Trainingslehre: Einführung in die Theorie und Methodik des sportlichen Trainings. Sportverlag, Berlin, 1986.
14. Hartmann J, Tünnemann H: Das große Buch der Kraft. Bessere Form durch Krafttraining. Sportverlag, Berlin, 1990.
15. Hoeger WKK, Barette SL, Hale DF, Hopkins DR: Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. *J Appl Sports Sci Research* 1 (1987) 11-13.
16. Hoeger WKK, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF: Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *J Appl Sport Sci Research* 4 (1990) 47-54.
17. Hollmann W, Hettinger T: Sportmedizin - Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart, New York 2000.
18. Holton O: Medizinisch Trainingstherapie. *Fysioterapeuten* 5 (1962) 114-128.
19. Jones DA, Rutherford OM, Parker DF: Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Quarterly J of Exper Physiology* 74 (1989) 233-256.
20. Kraemer WJ, Fry AC: Physiological assessment of human fitness, in: Maud PJ, Forster C, (Ed): *Human Kinetics*, Champaign, Illinois, 1995, 115-138.
21. MacDougall DJ: Hypertrophy or hyperplasia, in: Komi PV (Ed): *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publications, Oxford 1992, 230-238.
22. Marshall F, Fröhlich M: Überprüfung des Zusammenhangs von Maximalkraft und maximaler Wiederholungszahl bei deduzierten submaximalen Intensitäten. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 311-315.
23. Martin D, Carl K, Lehnertz K: Handbuch Trainingslehre. Hofmann, Schorn-dorf, 1993.
24. Mayhew JL, Ball TE, Arnold MD: Prediction of 1RM bench press from sub-maximal bench press performance in college males and females. *J Appl Sci Research* 3 (1989) 73.
25. 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 and Phy Fitness* 35 (1995) 108-113.
26. Oschütz H: Die Muskulatur. Sensibles, integratives und meßbares Organ, in: Zichner L, Engelhardt M, Freiwald J (Ed): *Ciba-Geigy Verlag, Wehr*, 1994, 173-180.
27. Rohmert W: Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. *Z für Arbeitswissenschaft* 38 (1984) 193-200.
28. Sands WA, McNeal JR, Jenni M, DeLong TH: Should female gymnasts lift weights? *Sportscience* 4 (2000) 3, [www-Dokument vom 05.08.01: http://www.sportsci.org/jour/0003/was.html](http://www.sportsci.org/jour/0003/was.html).
29. Stone M, O'Bryant H: Weigth Training: A scientific approach. Bellwether Press, Minneapolis, MN, 1987.
30. Tesch PA: Short- and long term histochemical and biochemical adaptati-ons in muscle, in: Komi PV (Ed): *Strength and Power in Sport*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992, 339-248.
31. Zatsiorsky VM, Kulik N: Zwei Arten von Ausdauer-Kennwerten. *Theorija i Praktika Fiziceskoj Kultury* 27 (1965) 35-41.
32. Zatsiorsky VM: Krafttraining - Praxis und Wissenschaft. Meyer & Meyer, Aachen, 1996.

Korrespondenzadresse:

Michael Fröhlich

Olympiastützpunkt Rheinland-Pfalz/Saarland

Hermann Neuberger Sportschule, Geb. 56

66123 Saarbrücken

Fax: 0681/3879 151

E-mail: m.froehlich@olympiastuetzpunkt.org