

¹Fröhlich M, ¹Müller T, ²Schmidtbleicher D, ¹Emrich E

Outcome-Effekte verschiedener Periodisierungsmodelle im Krafttraining

Outcome-Effects of different Periodization Models in Strength Training

¹Sportwissenschaftliches Institut der Universität des Saarlandes

²Institut für Sportwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main

ZUSAMMENFASSUNG

Periodisierung im Krafttraining bezeichnet die gezielte Veränderung der Trainingsstrukturen innerhalb eines Trainingszyklus. Aktuelle Metaanalysen und Übersichtsarbeiten konnten eine Überlegenheit von periodisierten gegenüber nicht periodisierten Trainingsplänen nachweisen (32,56). Ungeklärt ist die Frage, ob ein blockförmiges oder ein wellenförmiges Modell überlegen ist. Mittels Metaanalyse konnten bei 35 Primärstudien insgesamt 129 Effektstärken berechnet werden. Die Primärstudienstudie erfolgte über Online-Recherche. Deskriptoren waren: Periodisierung, periodization, periodized, non-linear, undulating mit und ohne Training. Die Primärstudien wurden über einen offenen Kodierplan kodiert. Die Effektstärkenberechnung erfolgte nach Cohen's d im Pre-Post-Test Vergleich sowie mit gepoolter Standardabweichung. Das Studiendesign der Primärstudien beinhaltete randomisierte Studien mit (RCT) bzw. ohne Kontrollgruppe (RT), quasixperimentelles Design und Interventionen von mindestens fünf Wochen Dauer. Über alle Primärstudien lag die Effektstärke (N=129) bei 0.93 ± 0.64 (CI=0.82-1.04). Die mittlere Effektstärke für das blockförmig periodisierte Krafttraining betrug 0.93 ± 0.59 (N=94; CI=0.81-1.06). Diejenige des wellenförmigen Periodisierungsmodells lag bei 0.93 ± 0.75 (N=35; CI=0.67-1.18). Zwischen den Modellen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($F(1, 127) = 0.02$; $p = 0.97$; $\eta^2 = 0.000$). Auch das Einbeziehen von Moderatorvariablen wie Geschlecht, Trainingszustand, Übungen oder Studiendauer zeigte keine signifikanten Effekte. Die Effektstärken beider Modelle als quantitative Maße für praktische Relevanz indizieren einen großen Effekt, somit sind beide Modelle von großer praktischer Relevanz.

Schlüsselwörter: Krafttraining, Metaanalyse, Periodisierung, blockförmig, wellenförmig

Einleitung und Problemexplikation

Krafttraining ist nicht nur im Leistungssport bedeutsam, sondern besitzt zahlreiche dokumentierte Effekte für Gesundheit, Prävention und Rehabilitation (2,32). Zur langfristigen Initiierung möglichst optimaler Adaptationen ist die richtige Dosierung von Belastungs- und Erholungsphasen essentiell. Durch die systematische Methodenvariation – Periodisierung – sollen einerseits bessere Erholungen zwischen den einzelnen Belastungsreizen erzielt, Leistungsstagnationen in Form von Anpassungsplateaus vermieden und andererseits langfristig größere Kraftzuwächse generiert sowie Übertrainingszustände vermieden werden (19,42,66). Innerhalb der Krafttrainingsforschung scheint ein allgemeiner Konsens darüber zu bestehen, dass Periodisierungsmodelle Trainingsinterventionen ohne entsprechende Belastungsvariation mittel- und langfristig in

SUMMARY

The concept of periodization in strength training is characterized by planned variation and distribution of training parameters on a cyclic basis. Current meta-analysis reported periodized strength training programs to be superior to non-periodized programs (32,56). Nevertheless, it remains unclear whether a linear or an undulating periodization model is more effective in eliciting maximum strength. By means of a meta-analysis, 35 studies with 129 computable effect sizes could be identified. The literature search strategies covered online databases. Key words included Periodisierung, periodization, periodized, non-linear, and undulating with and without training. The studies were coded according to an open coding plan. Effect sizes were calculated according to Cohen's d with pre-post-test comparisons and pooled standard deviations. Randomized controlled studies (RCT), studies without control group (RT), as well as quasi-experimental design with intervention of at least five weeks were included. The overall effect size (N=129) resulted in 0.93 ± 0.64 (CI=0.82-1.04). The mean effect size for linear periodization resulted in 0.93 ± 0.59 (N=94; CI=0.81-1.06) and 0.93 ± 0.75 (N=35; CI=0.67-1.18) for undulating periodization. No significant difference was found, neither between the two strategies ($F(1, 127) = 0.02$; $p = 0.97$; $\eta^2 = 0.000$) nor for the consideration of moderator variables, e.g. sex, training experience, exercises, or study duration. As a quantitative magnitude for practical relevance, the effect sizes of either periodization strategy show a large effect. The effect sizes indicate a high practical relevance.

Key Words: strength training, meta-analysis, periodization, linear, undulating

Bezug auf Kraftentwicklung, Schnellkraft und physische Leistungsfähigkeit überlegen sind (4,17,18,19,33,37,50,66,69,76). Bezogen auf kurzfristige Interventionen im Zeitraum von vier bis sechs Wochen ist die Forschungslage indifferent (18,63) bzw. zeigt keine signifikanten Unterschiede (6), was u. a. in dem Zitat von Kraemer und Kollegen (2002, S.365) zum Ausdruck kommt: "both periodized and nonperiodized training are effective during short-term training, whereas variation is necessary for long-term resistance training". Die Anpassungseffekte bei kurzfristigen Interventionen beruhen jedoch hauptsächlich auf neuronalen Adaptationen (1). Darüber hinaus werden von Stone et al. (67) methodische Mängel und unzulängliche Interpretationen in diesem Zusammenhang diskutiert. Rhea und Alderman (56) untersuchten metaanalytisch

Tabelle 1: Classic strength/power periodization model (19)

Weeks	1-2	3-4	5-6	7-8	8-10	11-12
Reps	10-12	4-6	8-10	3-5	5-7	2-3
Sets	3	5	4	5	4	6
Intensity	70-75 %	82-88 %	75-78 %	85-90 %	80-85 %	90-95 %
Volume (total reps)	30-36	20-30	32-40	15-25	20-28	12-18

zahlreiche Primärstudien zur Wirkungsweise von Periodisierungsmodellen und fanden, dass periodisiertes Training, unabhängig von Alter, Geschlecht oder Trainingsstatus, einer nicht periodisierten Variante überlegen ist. Dadurch widerlegen sie die von Baker, Wilson und Carlyon (6) gemachte Annahme, dass Untrainierte in den ersten vier Wochen die gleichen Maximalkraftzuwächse erfahren, egal welche Trainingsmethode sie befolgen.

Bis dato haben sich zwei große Periodisierungsmodelle im Krafttraining heraus gebildet, die klassische oder lineare (classic or linear periodized programs) sowie die wellenförmige (undulating periodized programs) Periodisierung (19).

Die lineare Blockperiodisierung besteht im Allgemeinen aus fünf einzelnen Mesozyklen zu je vier bis sechs Wochen Dauer (vgl. Tab.2). Die verschiedenen Phasen sind „Hypertrophy“, „Strength“, „Power“, „Peaking“ und „Active Rest“ (19,69). Generell steigt von Phase zu Phase die Belastungsintensität linear an, während das Belastungsvolumen kontinuierlich abnimmt (66).

Die wellenförmige Periodisierung geht auf Poliquin zurück (6,36,51). Nach seiner Erkenntnis verlieren Trainingsprogramme nach nur zwei Wochen ihre Effektivität, da sich der Körper sehr schnell an die Belastungen anpasst (vgl. Tab. 1). Um dies zu verhindern, sollten Volumen und Intensität in einer hohen Frequenz variiert werden, um neuromuskuläre Anpassungen an die zu bewältigende Trainingslast zu erzwingen (11). Tan (73) bestätigt Poliquin in der Annahme, dass sich der menschliche Körper an einen stets gleichen Trainingsstimulus schnell anpasst. Allerdings erscheint ihm der Zeitraum von zwei Wochen als zu kurz und er weist auf Studien hin, die Trainingsplateaus um die zehnte Woche feststellen.

Theoretische und sportpraktische Überlegungen sprechen dem wellenförmigen Modell gewisse Vorteile, wie bessere Verträglichkeit in der Trainingsplanung und -umsetzung sowie flexiblere Individualisierung, zu (19,30,33). Die wissenschaftliche Evidenz, inwieweit lineare Blockperiodisierung bzw. wellenförmige Modelle in Abhängigkeit vom Trainingszustand, dem Geschlecht, der Trainingsdauer, der verwendeten Trainingsübungen etc. unterschiedliche Outcome-Effekte zeigen, ist bisher wenig untersucht (12).

METHODIK

Nach Rhea (55) besitzt eine einzelne Studie wenig empirische Evidenz, wenn sie nicht in Verbindung zu anderen Untersuchungen des Forschungsgebiets gesehen wird. Dies impliziert eine Zusammenführung vergleichbarer Studien, welche einzeln aufgrund zu kleiner Stichproben bzw. unterschiedlicher Methoden keine verlässlichen, generalisierbaren Aussagen ermöglichen (8). Nach Aus-

Tabelle 2: Alternating accumulation and intensification phases for strength development (51)

	Hypertrophy	Strength	Power	Peaking	Active rest
Sets	3-5	3-5	3-5	1-3	Light physical activity
Reps/set	8-12	2-6	2-3	1-3	
Intensity	Low	Moderate	High	Very high	
Volume	Very high	High	Moderate	Low	

führungen von Leonhart und Maurischat (38) gewinnen narrative Reviews und Metaanalysen im Sinne der Evidence Based Medicine eine immer größere Bedeutung (8,62). Bliesener (9) nennt in diesem Zusammenhang u. a. drei Ziele der Metaanalyse: die Schätzung eines Populationsparameters aus vorliegenden Statistiken kleiner Stichproben, den Nachweis eines Effekts bei inkonsistenter Befundlage in den Primärstudien bzw. die Analyse von Drittvariablen und deren Wechselwirkung mit den abhängigen und unabhängigen Variablen. Weitere Vorteile der Metaanalyse sind eine höhere Präzision, Reliabilität, Validität und Teststärke (10). Stichprobenfehler und Methodenartefakte werden statistisch modelliert und geringe Stichprobenumfänge werden durch entsprechende Adjustierung der Studieneffekte ausgeglichen. Die Integration verschiedener Designs mit unterschiedlichen Populationen, Settings, Zeiten und Operationalisierungen verbessert die externe Validität bzw. Generalisierungsfähigkeit. Damit kann die Theorieentwicklung und -prüfung empirisch vorangetrieben werden, da moderierende Einflussfaktoren statistisch überprüft werden können (8,62).

Probleme und mögliche Lösungswege die im Zusammenhang mit der Durchführung einer Metaanalyse stehen, betreffen u. a. das garbage in/garbage out Argument, das apples and oranges Argument, das publication bias bzw. file drawer bias Argument und die statistische Unabhängigkeit der Effektstärken (8,9).

Datenaggregation, Kodierung und Deskription der Primärbefunde

Die Primärstudien suchte entsprechend den Empfehlungen (8,10,62) in multipler Weise über Internetdatenbanken, Durchsicht einschlägiger Zeitschriften, Auswertung der Literaturverzeichnisse bereits vorliegender Primärstudien bzw. Übersichtsarbeiten, Konsultation von Experten sowie Suche in Fachbibliotheken realisiert.

Die Recherche in den Internetdatenbanken wurde einerseits über PubMed, Medpilot und MedLine und andererseits über die Virtuelle Fachbibliothek Sportwissenschaft (vifa-sport) sowie das BISp durchgeführt. Die Deskriptoren waren: periodisation bzw. periodization, periodised bzw. periodized, linear bzw. non-linear, undulating, Block, Welle, Periodisierung und periodisiert jeweils in Verbindung mit und ohne strength training bzw. Krafttraining. Jede aufgenommene Studie wurde nach weiteren Querverweisen durchsucht.

Die zusätzliche Durchsicht von Fachzeitschriften bezog sich auf Sportwissenschaft, Journal of Strength and Conditioning Research, Strength and Conditioning Journal und Medicine and Science in Sports and Exercise (die Zeitschriften wurden überproportional häufig in den Internetdatenbanken zur Thematik ausgewiesen). Die Selektionskriterien umfassten folgende Punkte (20,22,55,58): (a) mindestens fünf Probanden pro Untersuchungs-

gruppe; (b) Pre- und Post-Test-Design; (c) Angabe des 1-RM mit verwertbaren statistischen Angaben, um eine Effektstärke berechnen zu können; (d) Trainingsdesign über mindestens fünf Wochen; (e) Angabe des Trainingsprotokolls, das einem blockförmigen oder wellenförmigen Periodisierungsmodell zugeordnet werden kann; (f) Verwendung psychisch und physisch gesunder Probanden; (g) Publikationszeitpunkt innerhalb der letzten 20 Jahre; (h) Publizierung in englischer oder deutscher Sprache.

Anhand der Literaturrecherche konnten 35 Primärstudien identifiziert und 130 Effektstärken berechnet werden, die den Selektionskriterien entsprachen. Die überwiegende Publikationsquelle lag in Zeitschriftenartikeln (91,4%; N=32) und vereinzelt in Büchern (8,6%; N=3). Die in den Studien gefundenen Versuchsdesigns umfassten schwerpunktmäßig randomisierte Studien ohne Kontrollgruppe (62,9%; N=22), Studien mit quasiexperimentellem Design (22,9%; N=8) und randomisierte Studien mit Kontrollgruppe (14,3%; N=5). Rustenbach (62) merkt diesbezüglich an, dass die Argumentation zur Exklusion methodisch weniger restriktiv durchgeführter Primärstudien weder empirisch fundiert ist, noch theoretisch hergeleitet werden kann und eine Exklusion quasiexperimenteller Studien eher die Ergebnisse verzerrt als deren Inklusion. Eine Beschränkung auf RC-Studien hat zudem eine geringere Repräsentativität und Teststärke zur Folge.

Die Primärstudien lagen primär in englischer Sprache vor (in deutsch 8,6%; N=3). Eine Begutachtung fand in 88,6% der Fälle statt (N=31). Der mittlere Impactfaktor lag bei 1,57, wobei zu 4 Studien (11,4%) keine Angaben gefunden wurden. Die Kodierung der Primärstudien wurde nach einem offenen Kodierplan durchgeführt (20,22,56,58). Neben deskriptiven Angaben zu den Studien wurden Testmethodik und Trainingsprotokolle aufgenommen, Ergebnisse und Methodik bewertet sowie Einschätzungen des Autors beachtet.

Es wurden sowohl intervallskalierte (z. B. Publikationsjahr, Impact Faktor, Probandenalter und -zahl, Anzahl der Test- und Trainingsübungen, etc.) als auch kategoriale Merkmalskodierungen durchgeführt (z. B. Publikationsart und -name, Sprache, Studiendesign, Geschlecht, Trainingsstatus, Art der Test- und Trainingsübungen etc.). Die Kodierung der Variable Trainingsstatus wurde analog zu der Autoreneinschätzung durchgeführt. Die Kodierung der Dauer der einzelnen Blöcke bei einem klassisch linear periodisierten Trainingsprogramm wurde anhand der Autorenbeschreibung zur Wiederholungszahl mit entsprechender Intensität eingeteilt. Trainingsintensitäten zwischen 7-15-RM oder 65-85% des 1-RM wurden als Hypertrophie-Block gewertet, bei 6-RM und weniger bzw. über 85% des 1-RM wurde die Variable als Block mit Maximalkraft- bzw. intramuskulärem Koordinationstraining kodiert.

Die Bewertung der Methodik wurde mit „0=gering“, „1=moderat“ und „2=hoch“ vorgenommen, wobei die Einteilung, angepasst an den trainingswissenschaftlichen Forschungsbereich, nach der PEDro-Skala des Centre for Evidence-Based Physiotherapy durchgeführt wurde. Von den ursprünglich elf Kriterien dieser Skala, die für den medizinischen Bereich ausgelegt ist, wurden acht beibehalten, da eine Verblindung der Probanden, Therapeuten bzw. Untersucher im trainingswissenschaftlichen Studiendesign sehr selten ist. Für jedes mit „Ja“ beantwortete Kriterium wurde ein Punkt vergeben. Je nach Summe der Punkte wurde die untersuchte Methodik der Primärstudien für 0-2 Punkte als „gering“ (0), für 3-5 Punkte als „moderat“ (1) bzw. für 6-8 Punkte als „hoch“ (2) eingestuft. Die Beurteilung der Ergebnisqualität wurde anhand des CONSORT

Statements zur Qualitätsverbesserung von Darstellungen randomisierter Studien im Paralleldesign durchgeführt (44).

Ähnlich der Methodikklassifizierung wurden die Ergebnisse, bezogen auf die Detailliertheit der Ergebnisdarstellung, in „0=gering“, „1=moderat“ und „2=hoch“ eingeordnet. Die Kriterien umfassten Angaben zum Ein- und Ausschluss von Probanden, Intervention, Probandencharakteristika, Testverfahren und -größen sowie Darstellung der Ergebnisse in Absolutwerten für einzelne Gruppen. Das Fazit der Autoren wurde je nach Versuchsdesign in „pro Block“, „pro Welle“, „kein Unterschied“ oder „nicht untersucht“ kodiert.

In der vorliegenden Arbeit wurden keine statistischen Prozeduren zur Interraterreliabilität durchgeführt, sondern ein Konsens zur Beurteilung getroffen, insbesondere für die kategorialen Variablen. Mehrere Primärstudien wurden hierzu von drei verschiedenen Begutachtern verglichen. Die Vergleiche zeigten eine Übereinstimmung von über 90%, so dass abschließend von einer hohen Kodierungsgüte gesprochen werden kann.

Statistische Verfahren

In der Literatur findet sich eine Vielzahl verschiedener Verfahren, nach denen Effektstärken berechnet werden können (13,14,62). Maier-Riehle und Zwingmann (39) stellen fest, dass bei der Berechnung der Effektstärken der Zähler einheitlich als Differenz zwischen dem Mittelwert der beiden Messzeitpunkte (bzw. Gruppen) ausgewiesen ist, aber bezüglich des Nenners drei verschiedene Möglichkeiten bestehen, die Formel zu vervollständigen. Sie weisen darauf hin, dass stets beschrieben werden sollte, welche Berechnungsmethode für Effektstärken ausgewählt wurde, da unterschiedliche Varianten nicht zu den gleichen Ergebnissen führen. In der vorliegenden Arbeit wurde hierzu die gepoolte Standardabweichung ausgewählt (45). Da in den vorhandenen Primärstudien Designs mit und ohne Kontrollgruppe vorlagen, wurden zur Berechnung der Effektstärken die bereits bei Fröhlich (20) und Rhea (55) beschriebenen Formeln verwendet (22,56,58,13,14). Sobald Mittelwerte und Streuungen für Vor- und Nachtest vorliegen, kann die Effektstärke für abhängige Stichproben nach der klassischen Methode berechnet werden, indem die Vortestergebnisse als Kontrollgruppe und die Nachtestergebnisse als Treatmentgruppe gedeutet werden. Die Formel gibt somit die Mittelwertsdifferenz zweier Gruppen (bzw. einer Gruppe mit Pre-Post-Test-Design) bezogen auf deren gepoolte Standardabweichung, d. h. die gemittelte Streuung beider Stichproben an, und „drückt somit den Abstand von Verteilungen in Einheiten der Standardabweichung aus“ (8). Die statistische Prüfung auf Gruppeneffekte wurde mittels ANOVA durchgeführt. Die Voraussetzungsprüfungen erfolgten mit Levene-Test (Varianzhomogenität) sowie mit Kolmogorov-Smirnov-Test (Normalverteilung). Post-hoc Einzelvergleiche wurden über Scheffé-Test abgesichert. Die Varianzklärung wurde über partielles η^2 (kurz η^2) vorgenommen (10). CI gibt das 95% Konfidenzintervall an. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Die Berechnung erfolgte mit SPSS 16.0.

ERGEBNISSE

Deskription der Primärstudien und Stichprobenbeschreibung

Insgesamt wurden 35 Studien identifiziert, wobei 2107 Probanden, aufgeteilt auf 130 Einzelgruppen, in die Stichprobe eingingen. Die mittlere Gruppengröße betrug 16.21±18.01 Personen (Median=12; Min=5; Max=135). Das durchschnittliche Alter der Studienteilnehmer lag bei 21.20±4.50 Jahren (Median=21; Min=15.3; Max=62). Insgesamt nahmen 69.2% Männer (N=90) und 15.4% Frauen (N=20) an der Untersuchung teil, bei 9.2% (N=12) der Studien waren beide Geschlechter beteiligt. Keine Angaben dazu wurden in 6.2% der Fälle (N=8) gemacht. Laut Autorenangaben waren 62.3% der in die Stichprobe eingegangenen Probanden als trainiert einzustufen (N=81), wohingegen 25.4% (N=33) als untrainiert anzusehen waren. 12.4% konnten nicht eindeutig einer der beiden Kategorien zugeordnet werden.

Die Angabe zum Trainingszustand in den Primärstudien ist oftmals normativ und weniger durch definierte Kriterien festgelegt (22). Überwiegend kam nur eine Testübung zum Einsatz (94.6%). Die am häufigsten genutzten Übungen bildeten Kniebeuge für die unteren Extremitäten und Bankdrücken für die oberen Extremitäten. Ein direkter Vergleich zwischen Trainingsprotokollen mit block- bzw. wellenförmiger Periodisierung wurde bei sieben Studien (20%) durchgeführt, wohingegen bei den restlichen 28 Studien (80%) lediglich eine Periodisierungsstrategie im Trainingsprotokoll zum Einsatz kam.

Bei Verwendung eines blockförmigen Trainingsdesigns lag die durchschnittliche Dauer des Hypertrophie-Blocks bei 5.96±4.22 Wochen. Ein Block mit intramuskulärem Koordinationstraining dauerte im Schnitt 5.96±3.41 Wochen. Es konnte eine mittlere Studiendauer von 11.97±4.53 Wochen festgestellt werden (Median=12; Min=5; Max=24). Die Belastungsnormativa wurden, außer bei einer Primärstudie, in 97.1% der Fälle (N=34) angegeben. Zwei von 35 Studien machten keine Angaben zur Belastungsintensität (5.7%). Das Volumen wurde bis auf eine Studie (2.9%) immer angegeben. Bezüglich der Serienpause konnten 25-mal Angaben verzeichnet werden (71.4%), 10-mal (28.6%) fehlte diese Information. Die Trainingshäufigkeit wurde in allen Studien angegeben, wobei durchschnittlich 3.09±0.69 Trainingseinheiten pro Woche gewählt wurden (Median=3; Min=2; Max=4.5).

Sämtliche Studien machten Angaben zur Testmethodik und speziell zur Messung der dynamischen Maximalkraft (1-RM). Die isometrische Maximal- bzw. Explosivkraft wurde in nur zwei Fällen angegeben (5.7%). In acht der Studien wurden Angaben zur Messung von Bewegungsgeschwindigkeiten gemacht (22.9%). Insgesamt wurde in 32 Fällen (91.4%) Daten zur Anthropometrie wie Körpergröße oder Körpermasse festgehalten, wohingegen drei Studien nichts darüber aussagten (8.6%). Bis auf zwei Studien (5.7%) gaben alle die statistischen Prüfverfahren bzw. Prüfgrößen an.

Tabelle 3: Deskription und Inferenzstatistik der Effektstärken

Moderatorvariable	Kategorisierung	Periodisierungsmodell		Haupteffekt		Interaktionseffekt
		blockförmig	wellenförmig	Periodisierung	Moderatorvariable	Periodisierung x Moderatorvariable
Alter	≤ 21 Jahre (N = 61)	0.85 ± 0.52	0.97 ± 0.77	$F_{(1, 120)} = 0.01$;	$F_{(1, 120)} = 0.29$;	$F_{(1, 120)} = 0.73$;
	>21 Jahre (N = 63)	1.03 ± 0.67	0.93 ± 0.75	$p = 0.92$; $\eta^2 = 0.000$	$p = 0.59$; $\eta^2 = 0.002$	$p = 0.39$; $\eta^2 = 0.006$
Geschlecht	Männlich (N = 90)	0.86 ± 0.52	0.90 ± 0.50	$F_{(1, 105)} = 0.76$;	$F_{(1, 105)} = 7.76$;	$F_{(1, 105)} = 0.53$;
	Weiblich (N = 19)	1.34 ± 0.76	1.71 ± 1.97	$p = 0.39$; $\eta^2 = 0.007$	$p < 0.01$; $\eta^2 = 0.069$	$p = 0.47$; $\eta^2 = 0.005$
Trainingszustand	Trainiert (N = 81)	0.90 ± 0.61	0.73 ± 0.50	$F_{(1, 109)} = 0.47$;	$F_{(1, 109)} = 8.48$;	$F_{(1, 109)} = 2.97$
	Untrainiert (N = 32)	1.09 ± 0.57	1.49 ± 1.10	$p = 0.50$; $\eta^2 = 0.004$	$p < 0.01$; $\eta^2 = 0.072$	$p = 0.09$; $\eta^2 = 0.026$
Testübung	untere Extremität (N = 74)	1.01 ± 0.63	0.97 ± 0.75	$F_{(1, 125)} = 0.00$;	$F_{(1, 125)} = 1.12$;	$F_{(1, 125)} = 0.12$;
	obere Extremität (N = 55)	0.83 ± 0.53	0.88 ± 0.77	$p = 0.99$; $\eta^2 = 0.000$	$p = 0.29$; $\eta^2 = 0.009$	$p = 0.73$; $\eta^2 = 0.001$
Studiendauer	≤ 12 Wochen (N = 98)	0.93 ± 0.61	0.83 ± 0.66	$F_{(1, 125)} = 0.52$;	$F_{(1, 125)} = 1.82$;	$F_{(1, 125)} = 1.95$;
	> 12 Wochen (N = 31)	0.93 ± 0.55	1.24 ± 0.96	$p = 0.47$; $\eta^2 = 0.004$	$p = 0.18$; $\eta^2 = 0.014$	$p = 0.17$; $\eta^2 = 0.015$

Bewertung der Methodik und der Ergebnisse

Generell ist den Primärstudien eine relativ hohe methodische Qualität zu bescheinigen. 65.7% der eingegangenen Studien konnten bezüglich der Qualität als „hoch“ bewertet werden (N=23) und 31.4% immerhin als „moderat“ (N=11). Lediglich eine Studie wurde als „gering“ kodiert (2.9%). Die Ergebnisqualität war in 80% der Fälle als „hoch“ (N=28) einzuschätzen, bei vier (11.4%) als „moderat“ und bei drei Studien (8.6%) als „gering“. Wie bereits besprochen wurde der Unterschied zwischen einem block- und einem wellenförmigen Periodisierungsmodell in lediglich sieben Studien direkt statistisch untersucht. 17.1% der Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede (N=6) und nur einmal wurde die Signifikanzgrenze überschritten (2.9%). Folglich lautete das Fazit der Autoren 28-mal „nicht untersucht“ (80%), viermal „kein Unterschied“ (11.4%). Auch wenn nicht alle Autoren ein signifikantes Ergebnis errechneten, so sprach man sich doch zweimal für ein wellenförmig periodisiertes (5.7%) und einmal für ein blockförmig periodisiertes Krafttraining (2.9%) aus.

Inferenzstatistische Berechnungen

Zusammengefasst gingen aus den 35 Primärbefunden insgesamt 130 Effektstärken in die Analyse mit ein. Ein Wert musste als Ausreißer von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen werden. Die mittlere Effektstärke für Gruppen mit einem blockförmig periodisierten Krafttraining betrug 0.93±0.60 (N=94; CI=0.81-1.06). Die Auswertung der wellenförmigen Periodisierung ergab eine Effektstärke von 0.93±0.75 (N=35; CI=0.67-1.18). Der Gruppenvergleich war entsprechend nicht signifikant ($F(1, 127) = 0.002$; $p = 0.97$; $\eta^2 = 0.000$).

Die Effekte der Signifikanzprüfung, bezogen auf die einzelnen Moderatorvariablen wie Alter, Geschlecht, Trainingszustand der Versuchsteilnehmer in den Primärstudien, der verwendeten Test-

übungen sowie der Studiendauer, sind in Tab.3 wiedergegeben. Bezüglich der Einflussvariable Alter konnten keinerlei signifikante Unterschiede, weder im Gruppenvergleich noch zwischen den Alterskategorien, festgestellt werden. Die Moderatorvariable Geschlecht lieferte im Haupteffekt einen signifikanten Unterschied zu Gunsten der Frauen.

Die Untersuchung des Trainingszustandes ergab für eine blockförmige Periodisierung bei trainierten Probanden eine Effektstärke von 0.90 ± 0.61 (CI=0.74-1.06) und von 1.09 ± 0.57 (CI=0.86-1.32) bei Untrainierten. Die wellenförmige Periodisierung wirkte sich mit einer Effektstärke von 0.73 ± 0.50 bei Trainierten (CI=0.49-0.96) bzw. von 1.49 ± 1.10 (CI=0.95-2.02) bei Untrainierten aus. Der Haupteffekt Trainingszustand war signifikant.

Der Einfluss der verwendeten Testübungen, differenziert für die unteren bzw. für die oberen Extremitäten, lieferte folgende Ergebnisse: Effektstärken von 1.01 ± 0.63 (CI=0.84-1.18) für Testübungen für die unteren Extremitäten und von 0.83 ± 0.53 (CI=0.63-1.03) für die oberen Extremitäten bei einem blockförmigen Modell. Analog hierfür ergab sich eine Effektstärke von 0.97 ± 0.75 (CI=0.68-1.25) bzw. 0.88 ± 0.77 (CI=0.55-1.20) bei einer wellenförmigen Periodisierung.

Als weiteres Kriterium wurde die Interventionsdauer der Primärstudien analysiert. Für die blockförmige Periodisierung resultierte eine Effektstärke von 0.93 ± 0.61 (CI=0.79-1.09) bei einer Studiendauer von kleiner/gleich 12 Wochen und von 0.93 ± 0.55 (CI=0.66-1.19) bei Studiendauer über zwölf Wochen. Bei einer wellenförmigen Periodisierung wurde eine Effektstärke von 0.83 ± 0.66 kleiner/gleich zwölf Wochen (CI=0.59-1.08) bzw. 1.24 ± 0.96 über zwölf Wochen (CI=0.8-1.69) errechnet. Es konnten keine signifikanten Haupt- und Interaktionseffekte festgestellt werden.

DISKUSSION

Nach Maier-Riehle und Zwingmann (39) kommt es beim Vergleich von unkontrollierten mit kontrollierten Studien bei ersteren im Allgemeinen zu größeren Effektstärken aufgrund einer minderen Qualität bei der Studiendurchführung. Die Analyse der Methodenqualität der in die Berechnung eingegangenen Primärstudien in der vorliegenden Arbeit ergab jedoch, dass die Effektstärken in keiner Weise von der Methodenqualität beeinflusst wurden bzw. eine Überschätzung vorliegt. Im Gegenteil zeigte sich für Studien, die als methodisch schwach kodiert wurden, eine nur geringe mittlere Effektstärke (0.40 ± 0.18), wohingegen der durchschnittliche Wert bei qualitativ moderat bis hoch eingeschätzten Studien im Schnitt bei 0.93 ± 0.63 lagen.

Die gefundenen globalen Effektstärken für ein block- bzw. wellenförmig periodisiertes Krafttraining liegen, verglichen mit der Klassifikation von Cohen für ANOVA, deutlich über dem Wert von 0.40, weswegen beide Modelle einen starken Effekt haben und somit praktische Relevanz aufweisen (13, 14). Orientiert an der trainingswissenschaftlichen Effektstärkeinteilung nach Rhea (54) zeigen beide Modelle verallgemeinert einen moderaten Effekt. Man kann also konstatieren, dass beide Periodisierungsmodelle zu gleichwertigen Effekten führen und damit alternative Lösungen für ein effektives Krafttraining darstellen, da sowohl untrainierte als auch trainierte Probanden sowie Männer und Frauen verschiedenen Alters in die Berechnungen mit eingingen.

Die gefundenen Ergebnisse werden durch die Studien von

Baker, Buford et al., de Hoyos et al., Hartmann et al., Niknafs und Kok sowie Peterson et al. gestützt, die ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Periodisierungsmodellen feststellen konnten (6, 11, 16, 27, 48, 50). Im Gegensatz dazu stehen die Resultate von Rhea und Kollegen, die eine Überlegenheit der wellenförmigen Periodisierung zeigten (59).

Bezogen auf die Moderatorvariable Alter konnte kein signifikanter oder trainingsbedeutsamer Unterschied gefunden werden. In zwei Studien mit durchschnittlich 15-jährigen Probanden von Szymanski et al. (71, 72) konnte die Effektivität eines blockförmigen Periodisierungsmodells nachgewiesen werden. Kraemer und Kollegen (34) verglichen 30-jährige mit 60-jährigen Männern, die jeweils ein 10-wöchiges, wellenförmig periodisiertes Krafttrainingsprogramm durchführten. Neben den zu erwartenden Differenzen der Hormonkonzentration und der Maximalkraft zwischen den beiden Gruppen, konnten die Autoren die Effektivität eines wellenförmigen Periodisierungsmodells bei Probanden im höheren Alter nachweisen.

Ähnliche Ergebnisse zeigte auch die Studie von Newton et al. (46). Nach einem wellenförmigen Trainingsprogramm über zehn Wochen wurde eine deutliche Steigerung der Sprungkraft sowohl bei jüngeren (im Schnitt 29 Jahre) als auch bei älteren (im Schnitt 61 Jahre) Probanden gemessen. Haff (26) diskutiert in diesem Zusammenhang folgende Aspekte: Bei jüngeren Athleten sollte bei einem Periodisierungsmodell lediglich die Spanne der Wiederholungszahlen erweitert werden, wobei Intensitäten im Bereich des 6-RM die Anfangsbelastung für eine IK-Trainingseinheit darstellen sollen. Solche Einheiten sollten dagegen für Ältere weniger häufig ausgewählt werden, genauso wie die Anwendung von Intensitätstechniken bzw. Sätzen bis zum Punkt des momentanen Muskelversagens (PMF), um so die Gelenkbelastung zu minimieren und Verletzungen vorzubeugen (21).

Die Prüfung signifikanter Geschlechtsunterschiede ergab, dass Frauen unabhängig vom Periodisierungsmodell deutlich stärker von einem Krafttraining profitieren als Männer. Diese Ergebnisse decken sich mit den Resultaten anderer Studien, bei denen Frauen ebenfalls größere Anpassungen zeigten (11, 41). Gründe hierfür liegen wahrscheinlich im geringeren Ausgangsniveau sowie in der Selektivität der Stichprobe (22, 28). Nach Herrick und Stone (28) liegt der durchschnittliche Prozentsatz der weiblichen Maximalkraft bei 56% im Vergleich zu Männern, wenn die oberen Extremitäten betrachtet werden. Bezogen auf die unteren Extremitäten liegt der Prozentsatz bei 57-86%. Diese Unterschiede sind jedoch nur quantitativ und nicht abhängig vom Periodisierungsmodell.

Wie zu erwarten, erzielten Untrainierte im Allgemeinen signifikant höhere Ergebnisse als Trainierte (22, 23, 55, 58). Während Trainierte kaum Unterschiede zwischen den Modellen zeigten, profitieren nach den gefundenen Ergebnissen Untrainierte mit 0.73 Effektstärkepunkten deutlich mehr von einer wellenförmigen Periodisierung als von einer blockförmigen Variante. Ordnet man diese Effektstärken in die nach Trainingsstatus spezifizierte Klassifikation von Rhea (54) ein, so ergibt sich für ein blockförmiges Modell für Trainierte ein mittlerer und bei Untrainierten ein kleiner Effekt. Bei einem wellenförmigen Modell kann analog für Trainierte und Untrainierte von einem moderaten Effekt gesprochen werden.

Betrachtet man Übungen für die unteren im Gegensatz zu den oberen Extremitäten, so ergeben sich keine bedeutsamen Unterschiede, jedoch zeigen die Ergebnisse, dass Übungen für die unteren Extremitäten wie Beinpresse oder Kniebeugen effektiver waren als

beispielsweise Bankdrücken. Diese Resultate decken sich mit den Ergebnissen von verschiedenen anderen Studien, die für die oberen Extremitäten geringere Maximalkraftverbesserungen als für die unteren fanden (6, 11, 48, 50).

Hartmann et al. (27) führten mit krafttrainingserfahrenen Sportstudenten ein 14-wöchiges Krafttraining mit einer Block- bzw. DUP-Periodisierung (täglich wechselnde Periodisierung) durch. Die Autoren konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Modellen aufzeigen. Berechnet man allerdings die Effektivität, so zeigt sich für die Blockperiodisierung ein Wert von 0.87 und für die wellenförmige Periodisierung einer von 0.33, womit durchaus ein deutlicher Unterschied zu Gunsten einer Blockperiodisierung zu sehen ist. Schlussfolgernd wird in der oben genannten Studie davon gesprochen, dass sich beide Modelle als gleichwertig für die Verbesserung der Maximal- und Schnellkraft erwiesen haben, wobei für Mannschaftssportarten durchaus eine wellenförmige Periodisierung in Frage kommt, jedoch für Individualsportarten der Großteil des Krafttrainings in Form eines Blocktrainings mit dem Schwerpunkt Hypertrophie zu gestalten ist. Die Autoren raten von einer wellenförmigen Periodisierung auf ein- bzw. zweiwöchentlicher Basis für Leistungssportler ab, da aufgrund der zu geringen Reizdichte und inadäquater Auslastung nicht die entsprechenden Querschnittszunahmen ausgelöst werden (27).

Dass diese Modelle dennoch für Freizeitsportler relevant sein können, zeigt die Studie von Buford et al. (11). Sie untersuchten die Effektivität einer Blockperiodisierung (LP) und eines wellenförmigen Modells mit einem Wechsel auf täglicher (DUP) bzw. auf einwöchentlicher Basis (WUP), wobei ebenfalls kein signifikanter Unterschied in der dynamischen Maximalkraft festgestellt werden konnte. Betrachtet man in dieser Studie die Effektivitäten sowie prozentualen Veränderungen der Gruppen, so erscheint eine wellenförmige Periodisierung auf einwöchentlicher Basis (WUP) leicht im Vorteil (ESLP=0.57 bzw. 2.20; ESDUP=0.37 bzw. 2.09; ES WUP=0.84 bzw. 2.82). Die Autoren folgern dennoch, dass alle drei Periodisierungsmodelle für kurz- bzw. mittelfristiges Training bei Freizeitsportlern angebracht sind.

Lediglich die Studie von Peterson et al. (50) konnte tendenzielle Vorteile einer wellenförmigen Periodisierung gegenüber einer klassischen Blockperiodisierung feststellen. Die Effektivität von block- und wellenförmig periodisiertem Krafttraining wurde in zahlreichen Untersuchungen in der Sportpraxis bestätigt (5, 35, 47).

Wie Goto et al. (25) konstatieren, bleibt immer noch unklar, welche Faktoren genau zu einer Maximalkraftverbesserung führen. Die Anpassungen eines blockförmig periodisierten Krafttrainings scheinen hierbei auf der additiven Wirkung einzelner Trainingseinheiten zu beruhen, wobei das Ausmaß der Effekte abhängig von den physiologischen Regenerations- und Adaptionsprozessen ist (27). Beim wellenförmig periodisierten Krafttraining werden von Beginn an Intensitäten im Bereich des 3-RM angestrebt, wodurch sich die Frage stellt, inwieweit dieser schnelle Wechsel in der Belastungsdynamik tatsächlich gleichwertige Effekte nach sich zieht. Schmidtbleicher und Frick (65) konnten eine Wiedererlangung des Schnellkraftvermögens erst 72 Stunden nach einer Kraftausdauer bzw. Hypertrophieeinheit feststellen, im Gegensatz zu drei Stunden nach einem Maximalkrafttraining. Bei einem wellenförmigen Modell auf täglicher Basis scheint somit gerade genug Zeit zwischen den verschiedenen Einheiten zu liegen (z. B. Freitag auf Montag), um im erforderlichen ausgeruhten Zustand ein Maximalkrafttraining

zu absolvieren. Mit diesem Hintergrund der ausreichenden Regenerationszeit ist ein schneller Wechsel in den entsprechenden Intensitätsbereichen, wie es ein wellenförmig periodisiertes Krafttraining vorsieht, möglich.

VERWENDETE PRIMÄRSTUDIEN

Die in die Metaanalyse aufgenommenen Primärstudien waren: 3, 6, 7, 11, 15, 24, 27, 28, 29, 31 (2-mal), 34, 36, 40, 41, 43, 48, 49, 50, 52, 53, 57, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 78.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

LITERATUR

1. AAGAARD P, MAYER F: Neuronal adaptations to strength training. *Dtsch Z Sportmed* 58 (2007) 50-53.
2. ACSM: American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 30 (1998) 975-991.
3. ANDERSON CE, SFORZO GA, SIGG JA: The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 567-574.
4. BAECHLE TR, EARLE RW: Essentials of strength training and conditioning. Human Kinetics, Champaign, Illinois, 2008.
5. BAKER D: The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *J Strength Cond Res* 15 (2001) 172-177.
6. BAKER D, WILSON G, CARLYON R: Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *J Strength Cond Res* 8 (1994) 235-242.
7. BARTHOLOMEW JB, STULTS-KOLEHMANN MA, ELROD CC, TODD JS: Strength gains after resistance training: the effect of stressful, negative life events. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 1215-1221.
8. BEELMANN A, BLIESENER T: Aktuelle Probleme und Strategien der Metaanalyse. *Psychologische Rundschau* 45 (1994) 211-233.
9. BLIESENER T: Methoden der systematischen Befundintegration - Eine Übersicht über die Möglichkeiten und Grenzen der Meta-Analyse, in: Wiemeyer J (Eds.): *Forschungsmethodologische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport*. Czwalina, Hamburg, 1999, 55-71.
10. BORTZ J, DÖRING N: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer, Berlin, Heidelberg u.a., 2006.
11. BUFORD TW, ROSSI SJ, SMITH DB, WARREN AJ: A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res* 21 (2007) 1245-1250.
12. CISSIK J, HEDRICK A, BARNES M: Challenges applying the research on periodization. *Str Cond J* 30 (2008) 45-51.
13. COHEN J: A power primer. *Quantitative methods in psychology* 112 (1992) 155-159.
14. COHEN J: *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic Press, New York, London u. a., 1969.
15. COUTTS AJ, MURPHY AJ, DASCOSME BJ: Effect of direct supervision of a strength coach on measures of muscular strength and power in young rugby league players. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 316-323.
16. DE HOYOS D, CALDWELL A, CALDWELL R, SHUTE M, BARNHILL J, RICHARDSON J, MORROW L, WALKER J: Muscular strength and body composition adaptations to short-term, linear and undulating periodized resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 37 (2005) Suppl. 184.
17. FLECK SJ: Periodization of training, in: Kraemer WJ, Häkkinen K (Eds.): *Handbook of sports medicine and science. Strength training for sport*. Blackwell Science Ltd, Oxford u. a., 2002, 55-68.

18. FLECK SJ: Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res* 13 (1999) 82-89.
19. FLECK SJ, KRAEMER WJ: Designing resistance training programs. Human Kinetics, Champaign, Illinois, 2004.
20. FRÖHLICH M: Zur Effizienz des Einsatz- vs. Mehrsatz-Trainings. Eine metaanalytische Betrachtung. *Sportwissenschaft* 36 (2006) 269-291.
21. FRÖHLICH M, GIESSING J, SCHMIDTBLEICHER D, EMRICH E: Intensitätstechnik Vor- und Nachermüdung im Muskelaufbautraining - ein explorativer Ansatz. *Dtsch Z Sportmed* 58 (2007) 25-30.
22. FRÖHLICH M, SCHMIDTBLEICHER D: Trainingshäufigkeit im Krafttraining - ein metaanalytischer Zugang. *Dtsch Z Sportmed* 59 (2008) 34-42.
23. FRÖHLICH M, SCHMIDTBLEICHER D, EMRICH E: Vergleich zwischen zwei und drei Krafttrainingseinheiten pro Woche - ein metaanalytischer Zugang. *Spectrum der Sportwissenschaften* 19 (2007) 6-21.
24. GONZALEZ-BADILLO JJ, IZQUIERDO M, GOROSTIAGA EM: Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *J Strength Cond Res* 20 (2006) 73-81.
25. GOTO K, NAGASAWA M, YANAGISAWA O, KIZUKA T, ISHII N, TAKAMATSU K: Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 730-737.
26. HAFF GG: Roundtable discussion: periodization of training - part 1. *Strength Cond J* 26 (2004) 50-69.
27. HARTMANN H, BOB A, WIRTH K, SCHMIDTBLEICHER D: Auswirkungen unterschiedlicher Periodisierungsmodelle im Krafttraining auf das Schnellkraft- und Explosivkraftverhalten der oberen Extremität. *Leistungssport* 38 (2008) 17-22.
28. HERRICK AB, STONE WJ: The effects of periodization versus progressive resistance exercise on upper and lower body strength in women. *J Strength Cond Res* 10 (1996) 72-76.
29. HOFFMAN JR, RATAMESS NA, COOPER JJ, KANG J, CHILAKOS A, FAIGENBAUM AD: Comparison of loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. *J Strength Cond Res* 19 (2005) 810-815.
30. KRAEMER WJ: Implementing a nonlinear resistance training program, in: Fleck SJ, Kraemer WJ, Brown LE, Antonio J, Weir J, Ebben WP, Stout J (Eds.): 6th International Conference on Strength Training. National Strength and Conditioning Association, Colorado Springs, 2008, 365-368.
31. KRAEMER WJ: A series of studies - the physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *J Strength Cond Res* 11 (1997) 131-142.
32. KRAEMER WJ, ADAMS K, CAFARELLI E, DUDLEY GA, DOOLY C, FEIGENBAUM MS, FLECK SJ, FRANKLIN B, FRY AC, R. HJ, NEWTON RU, JEFFREY P, STONE MH, RATAMESS NA, TRIPLETT-MCBRIDE T: Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 364-380.
33. KRAEMER WJ, FLECK SJ: Optimizing strength training. Human Kinetics, Champaign, Illinois, 2007.
34. KRAEMER WJ, HÄKKINEN K, NEWTON RU, NINDL BC, VOLEK JS, MCCORMICK M, GOTSHALK LA, GORDON SE, FLECK SJ, CAMPBELL WW, PUTUKIAN M, EVANS WJ: Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol* 87 (1999) 982-992.
35. KRAEMER WJ, HÄKKINEN K, TRIPLETT-MCBRIDE NT, FRY AC, KOZIRIS LP, RATAMESS NA, BAUER JE, VOLEK JS, MCCONNELL T, NEWTON RU, GORDON SE, CUMMINGS D, HAUTH J, PULLO F, J. ML, MAZZETTI SA, KNUTTGEN HG: Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 35 (2003) 157-168.
36. KRAEMER WJ, NINDL BC, RATAMESS NA, GOTSHALK LA, VOLEK JS, FLECK SJ, NEWTON RU, HÄKKINEN K: Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 36 (2004) 697-708.
37. KRAEMER WJ, RATAMESS NA, FRY AC, TRIPLETT-MCBRIDE T, KOZIRIS LP, BAUER JA, LYNCH J, M., FLECK SJ: Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am J Sports Med* 28 (2000) 626-633.
38. LEONHART R, MAURISCHAT C: Meta-Analysen auf Primärdatenbasis - Problem und Lösungsansätze. *Zeitschrift für Evaluation* 3 (2004) 21-34.
39. MAIER-RIEHLE B, ZWINGMANN C: Effekstärkevariation beim Eingruppen-Prä-Post-Design: Eine kritische Betrachtung. *Rehabilitation* 39 (2000) 189-199.
40. MANGINE GT, RATAMESS NA, HOFFMAN JR, FAIGENBAUM AD, KANG J, CHILAKOS A: The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 132-139.
41. MARX JO, RATAMESS NA, NINDL BC, GOTSHALK LA, VOLEK JS, DOHI K, BUSH JA, GÓMEZ AL, MAZZETTI SA, FLECK SJ, HÄKKINEN K, NEWTON RU, KRAEMER WJ: Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. *Med Sci Sports Exerc* 33 (2001) 635-643.
42. MATWEJEV LP: Grundlagen des sportlichen Trainings. Sportverlag, Berlin, 1981.
43. MAYHEW JL, JOHNSON BD, LAMONTE MJ, LAUBER D, KEMMLER W: Accuracy of prediction equations for determining one repetition maximum bench press in women before and after resistance training. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 1570-1577.
44. MOHER D, SCHULZ KF, ALTMAN DG: The CONSORT statement: revised recommendations for improving the quality of reports of parallel-group randomised trials. *Lancet* 357 (2001) 1191-1194.
45. MORRIS SB: Estimating effect sizes from pretest-posttest-control group designs. *Organizational Res Meth* 11 (2008) 364-386.
46. NEWTON RU, HÄKKINEN K, HÄKKINEN A, MCCORMICK M, VOLEK J, KRAEMER WJ: Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 1367-1375.
47. NEWTON RU, ROGERS RA, VOLEK JS, HÄKKINEN K, KRAEMER WJ: Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *J Strength Cond Res* 20 (2006) 955-961.
48. NIKNAFS S, KOK L-Y: A comparison of linear and undulating periodization for improving maximal strength and strength endurance in untrained men, in: Fleck SJ, Kraemer WJ, Brown LE, Antonio J, Weir J, Ebben WP, Stout J (Eds.): 6th International Conference on Strength Training. National Strength and Conditioning Association, Colorado Springs, 2008, 143-144.
49. OSTROWSKI KJ, WILSON GJ, WEATHERBY R, MURPHY PW, LYTTLE AD: The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *J Strength Cond Res* 11 (1997) 148-154.
50. PETERSON MD, DODD DJ, ALVAR BA, RHEA MR, FAVRE M: Undulation training for development of hierarchical fitness and improved firefighter job performance. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 1683-1695.
51. POLIQUIN C: Five steps to increasing the effectiveness of your strength training program. *N Strength Cond As J* 10 (1988) 34-39.
52. RATAMESS NA, HOFFMAN JR, FAIGENBAUM AD, MANGINE GT, FALVO MJ, KANG J: The combined effects of protein intake and resistance training on serum osteocalcin concentrations in strength and power athletes. *J Strength Cond Res* 21 (2007) 1197-1203.
53. RATAMESS NA, KRAEMER WJ, VOLEK JS, FRENCH DN, RUBIN MR, GÓMEZ AL, NEWTON RU, MARESH CM: The effects of ten weeks of resistance and combined plyometric/sprint training with the Meridian Elyte athletic shoe on muscular performance in women. *J Strength Cond Res* 21 (2007) 882-887.
54. RHEA MR: Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 918-920.
55. RHEA MR: Synthesizing strength and conditioning research: the meta-analysis. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 921-923.
56. RHEA MR, ALDERMAN B: A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Res Q Exerc Sport* 75 (2004) 413-422.
57. RHEA MR, ALVAR BA, BALL SD, BURKETT LN: Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *J Strength Cond Res* 16 (2002) 525-529.
58. RHEA MR, ALVAR BA, BURKETT LN, BALL SD: A Meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc* 35 (2003) 456-464.

59. RHEA MR, BALL SD, PHILLIPS WT, BURKETT LN: A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res* 16 (2002) 250-255.
60. RHEA MR, PHILLIPS WT, BURKETT LN, STONE WJ, BALL SD, ALVAR BA, THOMAS AB: A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *J Strength Cond Res* 17 (2003) 82-87.
61. RØNNESTAD BR: Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 839-845.
62. RUSTENBACH SJ: Metaanalyse. Eine anwendungsorientierte Einführung. Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 2003.
63. SCHIOTZ MK, POTTEIGER JA, HUNTSINGER PG, DENMARK DC: The short-term effects of periodized and constant-intensity training on body composition, strength, and performance. *J Strength Cond Res* 12 (1998) 173-178.
64. SCHLUMBERGER A, WIRTH K, LIU Y, STEINACKER J, SCHMIDTBLEICHER D: Effekte eines Trainings mit einer Schnellkraftmethodenkombination. *BISp-Jahrbuch* (2001) 157-160.
65. SCHMIDTBLEICHER D, FRICK U: Kurzfristige und langfristige Regeneration nach Krafttraining. in: (Eds.): *BISp Jahrbuch 1997*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Köln, 1998, 221-226.
66. STONE MH, O'BRYANT H, SCHILLING BK, JOHNSON RL, PIERCE KC, HAFF GG, KOCH AJ, STONE M: Periodization: Effects of manipulating volume and intensity. part 1. *Strength Cond J* 21 (1999) 56-62.
67. STONE MH, O'BRYANT H, SCHILLING BK, JOHNSON RL, PIERCE KC, HAFF GG, KOCH AJ, STONE M: Periodization: Effects of manipulating volume and intensity. part 2. *Strength Cond J* 21 (1999) 54-60.
68. STONE MH, POTTEIGER JA, PIERCE KC, PROULX CM, O'BRYANT HS, JOHNSON RL, STONE ME: Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *J Strength Cond Res* 14 (2000) 332-337.
69. STOPPANI J: Defining periodization. *IDEA Fitness Journal* 3 (2006) 1-5.
70. SYROTUIK DG, BELL GJ, BURNHAM R, SIM LL, CALVERT RA, MACLEAN M: Absolute and relative strength performance following creatine monohydrate supplementation combined with periodized resistance training. *J Strength Cond Res* 14 (2000) 182-190.
71. SZYMANSKI DJ, SZYMANSKI JM, BRADFORD TJ, SCHADE RL, PASCOE DD: Effect of twelve weeks of medicine ball training on high school baseball players. *J Strength Cond Res* 21 (2007) 894-901.
72. SZYMANSKI DJ, SZYMANSKI JM, MOLLOY JM, PASCOE DD: Effect of 12 weeks of wrist and forearm training on high school baseball players. *J Strength Cond Res* 18 (2004) 432-4040.
73. TAN B: Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *J Strength Cond Res* 13 (1999) 289-304.
74. WILDER N, GILDERS R, HAGERMAN F, DEIVERT RG: The effects of a 10-week, periodized, off-season resistance-training program and creatine supplementation among collegiate football play. *J Strength Cond Res* 16 (2002) 343-351.
75. WILLARDSON JM, BURKETT LN: The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 146-152.
76. WILLOUGHBY DS: The effects of mesocycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *J Strength Cond Res* 7 (1993) 2-8.
77. WINCHESTER JB, MCBRIDE JM, MAHER MA, MIKAT RP, ALLEN BK, KLINE DE, MCGUIGAN MR: Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. *J Strength Cond Res* 22 (2008) 1728-1734.
78. WIRTH K, SCHMIDTBLEICHER D: Periodisierung im Schnellkrafttraining. Teil 2: Theoretische Grundlagen der Periodisierung und ihre praktischen Anwendungen im Schnellkrafttraining. *Leistungssport* 37 (2007) 16-20.

Korrespondenzadresse:
Dr. Michael Fröhlich
Universität des Saarlandes
Sportwissenschaftliches Institut
Universität Campus Gebäude B8 I
66123 Saarbrücken
E-Mail: m.froehlich@mx.uni-saarland.de