

SYSTEMATIC REVIEW

Polarized training: a systematic review

COACHING / ELITE SPORTS / LOAD / RECOVERY / TRAINING / TRAINING



Polarized Training: eine systematische Übersichtsarbeit

Holfelder B, Schauerhammer S, Bubeck D, Brack R, Brown N

Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft, Universität Stuttgart

Abstract

Background: In high performance sports, a large variety of training and periodization concepts are used in daily training. However, at present it is unclear which combination of intensity, training duration and training frequency is superior thus producing the best adaptations. A promising, yet poorly scientifically investigated concept is the concept of a polarized training periodization.

Methods: Prospective Studies, which examined polarized training compared to other training concepts, were identified from searches in Cochrane Library, EMBASE, Google Scholar, PubMed, SciVerse Science Direct and Web of Science.

Results: Only five studies met the inclusion criteria. However, these studies show, that polarized training produced equal or higher adaptations when compared to other training concepts, such as training near anaerobic threshold, high volume training or high intensity interval training.

Conclusion: It remains unclear, which combination of training-intensity produces the highest adaptations to training. However, the few studies comparing training outcome of polarized training with other periodization concepts, favour a polarized periodization. Hence, further studies are needed, especially with high performance athletes in different disciplines.

Zusammenfassung

Hintergrund: Im Leistungssport gibt es bis heute noch keine Einigkeit darüber, welches Trainingskonzept, d.h. welche Kombination von Trainingsintensität, Trainingsdauer und Trainingshäufigkeit, in den einzelnen Sportarten zu der besten Leistungsentwicklung führt. Ein vielversprechendes, jedoch wenig untersuchtes Trainingskonzept, stellt das Polarized Training dar.

Methode: Zur Identifikation prospektiver Studien, die Polarized Training im Vergleich zu anderen Trainingskonzepten untersuchten, wurde in den sechs elektronischen Datenbanken Cochrane Library, EMBASE, Google Scholar, PubMed, SciVerse Science Direct und Web of Science recherchiert.

Ergebnisse: Insgesamt konnten fünf Studien identifiziert werden. Aus diesen Studien geht hervor, dass Polarized Training zu gleichen oder grösseren Leistungsverbesserungen führt, als andere Trainingskonzepte, wie das Schwellentrainingskonzept, das High Volume Training und das High Intensity Training.

Schlussfolgerung: Zusammengefasst scheint die ideale Trainingsintensitätsverteilung für grösstmöglichen Erfolg noch nicht gefunden zu sein. Jedoch sprechen die wenigen vorliegenden Studien, die POL mit anderen Trainingskonzepten verglichen, für eine polarisierte Intensitätsverteilung aber zugleich für den Bedarf von weiteren Studien mit Athleten aus dem Hochleistungsbereich verschiedener Sportarten.

Einleitung

Übergeordnetes Ziel im Leistungssport ist es, das Training so zu gestalten, dass am Wettkampfhöhepunkt die individuellen Höchstleistungen abrufbar sind, ohne im Trainingsprozess ein zu grosses Risiko von negativen Trainingsanpassungen einzugehen [1]. Jedoch gibt es bis heute noch keine Einigkeit darüber, welches Trainingskonzept, d.h. welche Kombination von Trainingsintensität, Trainingsdauer und Trainingshäufigkeit, in den einzelnen Sportarten zu der besten Leistungsentwicklung führt [2,3]. Ein vielversprechendes, jedoch nicht ausreichend untersuchtes Trainingskonzept, stellt das Polarized Training (POL) dar [2,4]. Es scheint sowohl für gut trainierte Ausdauersportathleten [5] als auch

Sprintathleten [6] ein geeignetes Konzept zur Leistungsverbesserung zu sein.

Das POL wurde bereits im Jahr 1999 vorgestellt [7], in Publikationen aber erst von Fiskerstrand und Seiler [8] respektive Seiler und Kjerland [9] aufgegriffen. Bei dem POL handelt es sich um eine Kombination aus High-Volume Low-Intensity Training (HVT), Laktatschwelentraining (LT) und High-Intensity Interval-Training (HIIT; [1]), wodurch es sich deutlich von dem Laktatschwelentrainingskonzept (THR) abgrenzt ([3], s. Abb.1).

Durch die Polarisation von HVT und HIIT entstand der Name POL, wobei das LT nicht komplett ausser Acht zu lassen ist [10]. Nach Seiler und Kjerland [9] sollten 75% des Trainings unterhalb der VT1, 5–10% des Trainings zwischen der VT1 und VT2 und 15–20% des Trainings oberhalb der VT2 durchgeführt werden. Die Bestimmung der Zonen kann mithilfe der Laktatdiagnostik (LT1, LT2) oder Spiroergometrie (VT1, VT2) erfolgen [11]. Nach neueren Erkenntnissen sprechen Seiler und Tønnesen [12] allgemeiner von einer Verteilung von 80–20, (80% des Trainings unterhalb von VT1/LT1 und 20% LT und HIIT). Diese 80–20 Verteilung wurde durch retrospektive Analysen der Trainingsdurchführung von Ausdauerathleten im Spitzensport ermittelt [4].

Dieses Verhältnis wird durch die Studie von Billat et al. [13] unterstützt. Sie konnten zeigen, dass schon dreimaliges HIIT in Verbindung mit zwei HVT-Einheiten und einer LT-Einheit pro Woche im Vergleich zu einem HIIT, vier HVT Einheiten und einer LT-Einheit pro Woche keinen zusätzlichen Nutzen hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit hatte. Jedoch sind erste Anzeichen für bevorstehendes Übertraining festgestellt worden, und das subjektive Empfinden der Trainingsbelastung nahm zu. In einer Studie von Elbe et al. [14] führte ein 12-wöchiges HIIT (ca. 17 km/Woche) gegenüber einem Kontrollprogramm (ca. 34 km/Woche) zu einer signifikanten Verbesserung des allgemeinen Stresslevels und Regenerationszustandes von Leistungsschwimmern. Im POL nehmen HIIT-Einheiten nur höchstens 20% der Trainingszeit ein. So kann vermutet werden, dass bei einer Trainingshäufigkeit von ~10 Einheiten pro Woche etwa zwei HIIT-Einheiten ein gutes Gleichgewicht zwischen positiven Auswirkungen und negativen Trainingseffekten zu intensiven Trainings darstellen [1,10].

Ziel dieser systematischen Literaturübersicht ist es, den aktuellen Forschungsstand von Studien darzustellen, die POL gegenüber anderen Trainingskonzepten untersuchten. Darauf aufbauend sollen potenzielle Erklärungsansätze über

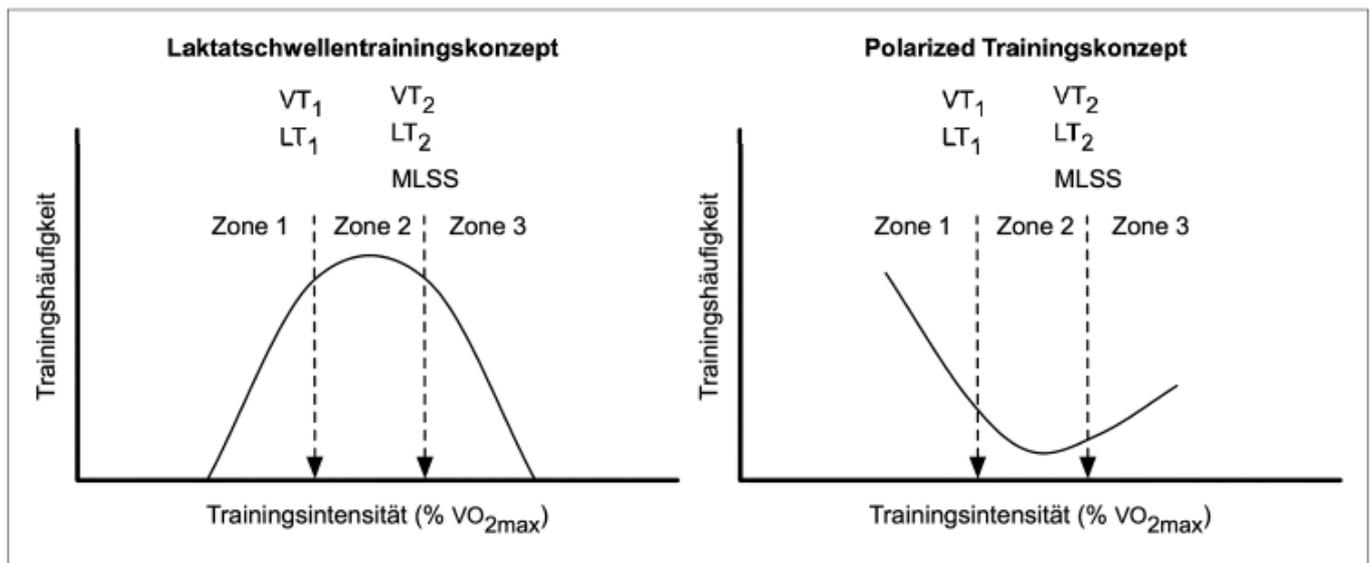


Abbildung 1: Laktatschwellentrainingskonzept (links) und Polarized Training Konzept (rechts) im Vergleich, unter Berücksichtigung der Intensitätsbereiche nach dem 3-Zonen-Modell (mod. nach Seiler & Kjerland, 2006, S. 50; Seiler & Tønnessen, 2009, S. 36). Abkürzungen: LT1: aerobe Schwelle; LT2: anaerobe Schwelle; MLSS: maximales Laktat-Steady-State; VO_{2max}: maximale Sauerstoffaufnahme; VT1: ventilatorische Schwelle 1; VT2: ventilatorische Schwelle 2.

Methoden

Suchstrategie

Zur Identifikation relevanter Studien wurde in sechs elektronischen Datenbanken recherchiert: Cochrane Library, EMBASE, Google Scholar, PubMed, SciVerse Science Direct und Web of Science. Insgesamt begrenzte sich die Suche auf Studien in englischer und deutscher Sprache. Die Recherche fand mit den Begriffen «polarized training», «polarized model», «polarized training model» und «polarized distribution» in Kombination mit «sport», «exercise» und «endurance» (gleiche Vorgehensweise auch mit der britisch-englischen Schreibweise «polarised») und mit den deutschsprachigen Begriffen «polarisiertes Training», «polarisiertes Trainingsmodell», und «polarisierte Verteilung» in Kombination mit «Sport», «Bewegung» und «Ausdauer», statt. Des Weiteren wurden die Literaturverzeichnisse von identifizierten Studien auf weitere potenzielle Studien durchsucht. Die Recherche wurde am 31. Oktober 2015 beendet.

Studienauswahl

Titel und Zusammenfassungen (falls verfügbar) der in den Datenbanken und den Literaturverzeichnissen recherchierten Studien wurden überprüft und als potentiell relevante Studien festgemacht. Als relevante Studien erwiesen sich alle Trainingsstudien, in denen explizit POL im Vergleich zu anderen Trainingsmethoden untersucht wurde. Retrospektive Trainingsanalysen wurden nicht berücksichtigt.

Studie	Probanden	Sportart	Durchführung	Ergebnisse	Kritikpunkte der Autoren
Esteve-Lanao et al. [2007]	Spanische Läufer (n = 12); regionales bis nationales Niveau	Laufen	2 Trainingsgruppen mit unterschiedlicher Intensitätsverteilung, aber gleicher Trainingsbelastung: POL (n = 6): -80/10/10 THR (n = 6): -65/25/10 Dauer: 5 Monate Studienart: Randomisierte kontrollierte Studie	10.4 km Zeit: POL: -157 ± 13s, p = .03 ↓* THR: -121 ± 71s, p = .03 ↓* POL < THR: -35.5 ± 14.6 s; 95% CI: -68.4s; -3.3s; p = .03 ↓*	11 Probanden beendeten die Studie
Yu et al. [2012]	Chinesische Eisschnellläufer (n = 9); Weltklassenniveau	Eisschnelllauf	THR im 1. Jahr: -41/52/7 POL im 2. Jahr: -85/5/10 Dauer: 2 Jahre Studienart: quasi-experimentelle Studie	Männer 500m Zeit 1000m Zeit PPD Frauen: 500m Zeit 1000m Zeit PPD Jahr 1 -0.10% -0.38% 301W Jahr 2 2.9%, p < .05 ↑* 3.1%, p < .05 ↑* 315.5W ↑ -0.11 -0.38 267.3W 2.15%, p < .05 ↑* 3.78%, p < .05 ↑* 285.3W, p < .05 ↑*	keine
Neal et al. [2013]	Britische Radfahrer (n = 12); regionales Niveau	Radfahren	Randomisierte Zuordnung zu entweder zuerst POL und dann THR oder umgekehrt (je n = 6) POL Training: -80/0/20 THR Training: -57/4/3/0 Dauer: jeweils 6 Wochen mit kontrollierten De-training Phasen (4 Wochen) vor jeder Intervention Studienart: Randomisierte kontrollierte crossover Studie	40km TT POBLT1 PPD CS β-HAD MCT1 MCT4 POL 2.3 ± 2.2min 9 ± 9%, p < .05 ↑* 8 ± 5%, p < .05 ↑* -1% 0% 12 ± 13% 133 ± 56% THR 0.4 ± 2.9min 2 ± 14% 3 ± 4% -1% 0% 10 ± 13% 80 ± 47%	Grösseres Trainingsvolumen beim THR
Stöggli & Sperlich [2014]	Wettbewerbsfähige Ausdauerathleten (n = 48); regionales Niveau → n = 41 beendeten das 9-wöchige Trainingsprotokoll	Langlauf, Radfahren, Triathlon, Mittel- und Langdistanzlauf	Randomisierte Zuordnung zu HIIT, HVT, THR, POL HIIT: 43 ± 19%/0/57 ± 1% HVT: 83 ± 6%/16 ± 6%/1 ± 1% THR: 46 ± 7%/54 ± 7%/0% POL: 68 ± 12%/6 ± 8%/26 ± 7% Dauer: 9 Wochen Studienart: Randomisierte kontrollierte Studie	Körpermasse: HIIT: 3.7 ± 3%, p < .001 ↓* Nicht signifikant zwischen den Gruppen. VO _{2max} : POL: 11.7 ± 8.4%, p < .001 ↑* HIIT: 4.8 ± 5.6%, p < .05 ↑* POL > THR, p < .001; POL > HVT, p < .05 ↑* Arbeitsökonomie (% von VO _{2max}): POL: -4.8 ± 7.6%, p < .05 ↑* Nicht signifikant zwischen den Gruppen. Zeit bis zur Erschöpfung: POL: 17.4%, p < .001 ↑* HIIT: 8.8%, p < .01 ↑* Nicht signifikant zwischen den Gruppen. Leistung an der Spitzengeschwindigkeit: POL: 5.1 ± 3%, p < .01 ↑* HIIT: 4.4 ± 2.8%, p < .01 ↑* POL > HVT (p < .01); HIIT > HVT (p < .05)	Krafttraining nicht beachtet; 41 Probanden beendeten das 9-wöchige Trainingsprotokoll; POL und HVT hatten höhere Trainingsvolumen als THR und HIIT
Muñoz et al. [2014]	Spanische Läufer (n = 30); regionales Niveau (Freizeitsportler)	Laufen	Randomisierte Zuordnung zu POL oder THR-Gruppe (je n = 16) POL: -75/5/20 THR: -45/35/20 Dauer: 10 Wochen Studienart: randomisierte kontrollierte Studie, quasi-experimentell	10km Zeit: POL: 5 ± 3.3%, p < .0001 ↑* THR: 3.5 ± 3%, p < .001 ↑* Nicht signifikant zwischen den Gruppen. 10km Zeit von ausgewählten Probanden mit dem meisten Training in Zone 1 (POL) und dem meisten Training in Zone 2 (THR) (je n = 6): POL ₁ (78/11/11): 7 ± 3.6% THR ₁ (32/53/16): 1.6 ± 4% Unterschied POL ₁ und THR ₁ ist in Cohen's d = 1.29 (90% CI 0.31-2.27, p = .038)	Krafttraining war identisch für beide Gruppen und wurde nicht miteinbezogen; 1 Proband wurde je Gruppe ausgeschlossen; Unterschiede in der tatsächlichen Intensitätsverteilung

Abkürzungen: CS: Citrat-Synthase; CI: Konfidenzintervall; HIIT: High-Intensity Interval Training; HVT: High-Volume Low-Intensity Gruppe; MCT1: Monocarboxylat-Transporter 1; MCT4: Monocarboxylat-Transporter 4; p: Signifikanzwert; POL: Polarized Training; PPO: Maximalleistung; PO@LT1: Leistung an der Laktatschwelle; THR: Laktatschwellentrainingskonzept; TT: Zeitfahren; VO_{2max}: maximale Sauerstoffaufnahme; W: Watt; β-HAD: ↑*: signifikante Zunahme; ↓*: signifikante Abnahme, ↑: Zunahme, ↓: Abnahme.

Ergebnisse

Durch die Recherche konnten N = 1342 potenzielle Studien identifiziert werden. Nach Durchsicht der Studien entsprechend der Einschlusskriterien und Entfernung von Dopplungen sowie themenfremder Publikationen blieben n = 5 Studien übrig, die in diese Literaturübersicht aufgenommen wurden.

Die Stichprobengrösse variiert zwischen n = 9 [6] und n = 48 [3]. Die Studien befassen sich zweimal mit der Sportart Laufen [15,16], einmal mit der Sportart Eisschnelllaufen [6] und einmal mit der Sportart Radfahren [5]. In der Studie von Stöggli und Sperlich [3] werden Sportler aus mehreren Ausdauersportarten (Langlauf, Radfahren, Triathlon und Laufen) untersucht. In Tabelle 1 sind die involvierten Studien entsprechend der Hauptmerkmale

Probanden, Sportart, Durchführung inklusive Studiendauer und Studienart, Ergebnisse und Kritikpunkte der Autoren dargestellt.

Zwei Studien verglichen die Auswirkungen von POL und THR auf die 10-km-Zeit [17,18]. In beiden Studien verbesserten sich die 10-km-Zeiten sowohl in der POL- wie auch in der THR-Gruppe, allerdings mit jeweils grösseren Verbesserungen in der POL-Gruppe. Bei Esteve-Lanao et al. [17] war der Unterschied zwischen der THR- und der POL-Gruppe signifikant ($p = .03$). Hingegen konnten Muñoz et al. [18] nur einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellen ($p = .038$), nachdem sie die $n = 6$ Probanden mit dem grössten Anteil an Training in Zone 1 (POL6) mit den $n = 6$ Probanden, die den grössten Anteil an Training in Zone 2 (THR6) aufwiesen, verglichen.

Yu et al. [6] stellten fest, dass es durch das POL zu einer signifikanten Verbesserung der Zeiten über 500 m und 1000 m (jeweils $p < .05$) kam und sich die maximale Leistung der Probanden durch POL signifikant verbesserte. Durch THR konnte jedoch keine signifikante Verbesserung festgestellt werden.

Die Studie von Neal et al. [5] wertete ein 40-km-Zeitfahren, die Leistung an der LT1 (PO@LT1) und die Maximalleistung (PPO) aus. Als einzige der fünf Studien wurden Änderungen der mitochondrialen Enzymaktivitäten durch Messung der Citrat-Synthase (CS) und der β -Hydroxyacyl-Coenzym A-Dehydrogenase (β -HAD) und den Monocarboxylat-Transportern 1 (MCT1) und 4 (MCT4) im Skelettmuskel, die vor allem für den Abtransport von Laktat verantwortlich sind [19], berücksichtigt. Dabei konnten bei beiden Trainingsgruppen jeweils Verbesserungen der 40-km-TT-Zeit, der PO@LT1 und der PPO nachgewiesen werden. Hinzu kommt eine Steigerung der Anzahl der MCT4. Die Verbesserungen bei der POL-Gruppe waren jeweils grösser. Signifikante Verbesserungen lagen jedoch nur bei der PO@LT1 ($p < .05$) und der PPO der POL-Gruppe ($p < .05$) vor. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen wurden nicht untersucht. Keine Veränderungen gab es nach der Trainingsintervention bei der mitochondrialen Enzymaktivität durch die Citrat-Synthase (CS) und β -HAD sowie den MCT1. Die Studie von Stöggli und Sperlich [3] verglich die vier verschiedenen Trainingsformen HIIT, HVT, THR und POL miteinander. Untersucht wurden die Körpermasse, die VO₂max, die Arbeitsökonomie, die Zeit bis zur Erschöpfung und die Leistung an der Spitzengeschwindigkeit. Dabei führte POL zu den grössten Verbesserungen der VO₂max, Arbeitsökonomie (% von VO₂max), Zeit bis zur Erschöpfung und Leistung an der Spitzengeschwindigkeit. Die Verbesserungen waren durchgehend signifikant. Im direkten Vergleich zwischen den Gruppen wurden die VO₂max durch POL gegenüber THR ($p < .001$) und HVT ($p < .05$) und die Leistung an der Spitzengeschwindigkeit gegenüber HVT signifikant ($p < .01$) verbessert. Bei allen weiteren Parametern konnte kein signifikanter Unterschied zwischen POL und den anderen Gruppen festgestellt werden. Das ausschliessliche Training nach THR oder HVT führte zu keinen weiteren Verbesserungen der untersuchten ausdauerbezogenen Variablen [3].

Diskussion

Retrospektive Analysen der Trainingsdurchführung bei Spitzensportlern zeigten eine vermehrte Durchführung von POL bzw. einer 80-20-Verteilung von niedrig intensiver und

intensiver Trainingsgestaltung [1]. Warum sich das vor allem bei Ausdauerathleten auf Weltklasseniveau durchgesetzt hat und welche Anpassungsmechanismen zugrunde liegen, ist noch nicht ausreichend durch Studien belegt (ebd.). Es wird jedoch davon ausgegangen, dass diese polarisierte Intensitätsverteilung die Konstellation der Trainingsanpassungen fördert, eine maximale Ausdauerleistung zu erreichen, indem viel («a lot») und intelligent («smart») trainiert wird [12,20]. Dabei werden nach derzeitigem Verständnis durch POL wichtige Trainingsanpassungen sowohl zentral als auch peripher hervorgerufen, während das Risiko eines Übertrainingszustandes minimiert wird [4,15,21]. Es wird angenommen, dass die zentralen (z.B. Zunahme der Herzmuskelleistung) und peripheren (z.B. Kapillarisation, Zunahme der Mitochondrien) Anpassungen durch die Trainingsintensität und -dauer unterschiedlich beeinflusst werden [1]. Das HVT scheint optimal zu sein, um vor allem periphere Anpassungen hervorzurufen, wohingegen das HIIT eher für zentrale Anpassungen verantwortlich ist [12]. Das POL vereint die Anpassungsmechanismen des HVT und HIIT und reduziert durch geringere Belastungen des Hormon- und autonomen Nervensystems sowie durch abwechslungsreiches Training das Risiko von Übertrainingszuständen [4,12,21,22]. Gegenüber dem THR werden intensivere Einheiten durch längere weniger intensive Einheiten ersetzt, um die Stressreaktionen durch Training zu reduzieren und eine rasche Regeneration aufgrund vieler Trainingseinheiten zu fördern [22]. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass Anpassungen durch POL bezüglich der Ausdauerleistungsfähigkeit vermutlich längerfristiger sind als ausschliesslich durch HIIT oder HVT [3]. Bei hochtrainierten Athleten scheint es zudem so, dass sobald ein gewisses Niveau der VO₂max erreicht wird (HVT als Basis; [12]), eine weitere Steigerung des Trainingsumfangs im submaximalen Bereich zu keiner weiteren Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit oder von ausdauerbezogenen Variablen (z.B. anaerobe Schwelle, oxidative Muskelenzyme, VO₂max) führt [23,24]. Daher wird angenommen, dass bei diesen Athleten für eine Leistungssteigerung zusätzlich hochintensive Trainingsreize, wie HIIT, erforderlich sind [23,25,26]. Infolgedessen sollte sich die Trainingsgestaltung bei hochtrainierten Athleten danach richten. Wie aus den in Tabelle 1 dargestellten Studien sowie aus retrospektiven Analysen hervorgeht [4], scheint POL diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Des Weiteren wird auf molekularer Ebene davon ausgegangen, dass sich HIIT und HVT gegenseitig ergänzen [1]. Nach Laursen [2] wird durch HIIT der AMPK-Signalpfad (AMP-aktivierte Proteinkinase) aktiviert, während HVT zur Aktivierung des CaMK-Signalpfades (Calmodulin-abhängige Kinase) führt. Beide Signalpfade werden wiederum durch PGC-1 α (Proliferator aktivierte Rezeptor gamma Coaktivator-1) verschaltet. PGC-1 α wird als «Master-Regulator» der mitochondrialen Genexpression und als wichtiger Faktor zur Verschaltung ausdauerleistungs-abhängiger Anpassungen betrachtet [27–29].

Einen weiteren Erklärungsansatz liefern Boullosa et al. [30], die einen Bezug zur Evolution herstellen. Der Tagesablauf unserer Vorfahren war durch Sammeln und Jagen geprägt [31], d.h. lange Phasen mit niedriger Belastung (z.B. lange Fusswege; Zone 1) durchsetzt von kurzen hochintensiven Belastungen (z.B. Verfolgung eines Tieres; Zone 3; [20,30]). Nach dieser Perspektive könnte angenommen werden, dass unsere Genregulation von einer Trainingsgestaltung nach dem POL profitiert [32].

Des Weiteren ist es ein Indiz dafür, dass unsere Gene den metabolischen Anforderungen des LT nicht gewachsen sind [30].

Abschliessend sind zwei Kritikpunkte dieses Beitrags anzuführen. Es konnten nur fünf Studien identifiziert werden, die POL mit anderen Trainingskonzepten verglichen. Aus diesem Grund sind die nach aktuellem Verständnis bestehenden Vorteile des POL gegenüber anderen Konzepten mit Vorsicht zu bewerten. Des Weiteren wurden retrospektive Analysen zur Beurteilung der Trainingsintensitätsverteilung in der Leistungssportpraxis nicht berücksichtigt. Hierfür ist auf die Übersichtsarbeit von Stöggli und Sperlich [4] zu verweisen.

Zusammenfassung

Ziel dieser systematischen Literaturübersicht war es, Studien, die das POL im Vergleich zu anderen Trainingskonzepten untersuchten, zu analysieren und daran anknüpfend Erklärungsansätze für die Wirkungsweise von POL vorzustellen. Für diese Arbeit konnten zwar lediglich fünf relevante Studien identifiziert werden, jedoch sprechen deren Ergebnisse und die retrospektiven Analysen [4] für das POL.

Das Polarized Training verbindet sowohl die Vorteile des HVT, als auch die des HIIT und die Gefahr des Übertrainings anhand von übermässigem monotonen LT wird reduziert [4,21,22]. Aus den fünf involvierten Studien, die alle mit gut trainierten Athleten durchgeführt wurden, konnten eindeutige Vorteile des POL insbesondere gegenüber dem THR aber auch gegenüber dem HVT und dem HIIT festgestellt werden. Auch wenn anzunehmen ist, dass Athleten auf Weltklassenniveau sich nur ungern auf «experimentelle» Veränderungen der Trainingsinhalte einlassen [4], sind weitere Interventionsstudien an Athleten im Hochleistungsbereich verschiedener Sportarten erforderlich, um ein tiefergehendes Verständnis von POL bzw. der optimalen Trainingsintensitätsverteilung zu erlangen. Insbesondere für die Zusammenhänge zwischen Intensitätsverteilung und den physiologischen Anpassungsmechanismen besteht noch grosser Forschungsbedarf [2,7,16,33].

Des Weiteren gibt es derzeit keine Erfahrungen darüber, wie POL an untrainierten Probanden wirkt [5]. So ist es durchaus vorstellbar, dass auch bei untrainierten Probanden POL zu einer grösseren Leistungssteigerung führt als das Training nach anderen Trainingskonzepten, wie dem THR, HVT oder HIIT.

Zusammengefasst scheint die ideale Trainingsintensitätsverteilung für grösstmöglichen Erfolg noch nicht gefunden zu sein, was nicht zuletzt anhand der unterschiedlichen Intensitätsverteilungen, sowohl innerhalb der Sportarten als auch zwischen den Sportarten, zu sehen ist. Jedoch sprechen die wenigen vorliegenden Studien, die POL mit anderen Trainingskonzepten verglichen, für eine polarisierte Intensitätsverteilung. Abschliessend sollte nicht vergessen werden, dass das Training und dessen Auswirkungen, insbesondere im ausdifferenzierten Hochleistungsbereich, stets hochindividuell ist [26].

Praktische Relevanz

1. Vorteile polarisierenden Trainings sind aufgrund der Studienlage und der retrospektiven Analyse des Trainings von erfolgreichen Ausdauerathleten wahrscheinlich, weshalb ein polarisierendes

Training insbesondere für Ausdauersportarten empfohlen wird.

2. Dabei sollte die Trainingsgestaltung zu 80% im Bereich unter der aerob-anaeroben Schwelle stattfinden, die restlichen 20% entfallen auf intensivere Trainingseinheiten. Im Bereich zwischen aerober und anaerober Schwelle wird kaum trainiert.
3. Polarisiertes Training scheint dabei wirksamer als andere Trainingsansätze, da es die Anpassungsmechanismen des HVT und HIIT vereint und durch geringere Belastungen des Hormon- und autonomen Nervensystems sowie durch abwechslungsreiches Training das Risiko von Übertrainingszuständen vermeidet.

Korrespondierender Autor

Dr. Benjamin Holfelder
Allmandring 28
70569 Stuttgart
benjamin.holfelder@
inspo.uni-stuttgart.de
+49 711 685 63167



Literaturverzeichnis

1. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(3):276–91.
2. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 2:1–10.
3. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol.* 2014;5:33.
4. Stöggl T, Sperlich B. The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Front Physiol.* 2015;6:295.
5. Neal CM, Hunter AM, Brennan L, O’Sullivan A, Hamilton DL, De Vito G, et al. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *J Appl Physiol.* 2013;114(4):461–71.
6. Yu H, Chen X, Zhu W, Cao C. A quasi-experimental study of Chinese top-level speed skaters’ training load: threshold versus polarized model. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7(2):103–12.
7. Seiler S. Letters to the editor. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;245(4):431–6.
8. Fiskerstrand A, Seiler S. Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;14(5):303–10.
9. Seiler S, Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an «optimal» distribution? *Scand J Med Sci Sports.* 2006;16(1):49–56.
10. Seiler S. Training Intensity Distribution (Kapitel 4). In: *Endurance Training Science and Practice*, I. Mujika (Hrsg.), Vitoria-Gasteiz; 2012, 31–9.
11. Kindermann W. Anaerobe Schwelle. *Dtsch Z Sportmed.* 2004;55(3):161–2.
12. Seiler S, Tønnessen E. Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sportscience.* 2009;13:32–53.
13. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein J-P. Interval training at VO₂max: effects on

- aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sport Exerc.* 1999;31:156–63.
14. Elbe A-M, Rasmussen CP, Nielsen G, Nordborg NB. High intensity and reduced volume training attenuates stress and recovery levels in elite swimmers. *Eur J Sport Sci.* 2015;13:1–6.
 15. Esteve-Lanao J, Foster C. Impact of Training Intensity Distribution on Performance in Endurance Athletes. *J Strength Cond Res.* 2007;21(3):943–9.
 16. Muñoz I, Seiler S, Bautista J, España J, Larumbe E, Esteve-Lanao J. Does polarized training improve performance in recreational runners? *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(2):265–72.
 17. Esteve-Lanao J, Juan AFS, Earnest CP, Foster C, Lucia A. How Do Endurance Runners Actually Train? Relationship with Competition Performance. *Med Sci Sport Exerc.* 2005;37(3):496–504.
 18. Muñoz I, Cejuela R, Seiler S, Larumbe E, Esteve-Lanao J. Training intensity distribution during an Ironman season: relationship with competition performance. *Int J Sport Physiol Perform.* 2014;9(2):332–9.
 19. Wahl P, Bloch W, Mester J. Moderne Betrachtungsweisen des Laktats: Laktat ein überschätztes und zugleich unterschätztes Molekül. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatol.* 2009;57(3):100–7.
 20. Esteve-Lanao J, Lucia A. Letters to the editor. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;245(4):431–6.
 21. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(2):75–90.
 22. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sport Exerc.* 2007;39(8):1366.
 23. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32(1):53–73.
 24. Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;75(1):7–13.
 25. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med.* 2013;43(5):313–38.
 26. Buchheit M, Laursen PB. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle: Part II: Anaerobic Energy, Neuromuscular Load and Practical Applications. *Sports Med.* 2013;43(10):927–54.
 27. Hoppeler H, Baum O, Lurman G, Mueller M. Molecular mechanisms of muscle plasticity with exercise. *Compr Physiol.* Wiley Online Library; 2011;1(3):1383–412.
 28. Hoppeler H, Baum O, Mueller M, Lurman G. Molekulare Mechanismen der Anpassungsfähigkeit der Skelettmuskulatur. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatol.* 2011;59(1):6–13.
 29. Keren-Happuch E, Chen S-HA, Ho M-HR, Desmond JE. A meta-analysis of cerebellar contributions to higher cognition from PET and fMRI studies. *Hum Brain Mapp.* 2014;35(2):593–615.
 30. Boulosa DA, Nakamura FY, Ruiz JR. Letters to the editor. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;245(4):431–6.
 31. Booth FW, Chakravarthy MV, Spangenburg EE. Exercise and gene expression: physiological regulation of the human genome through physical activity. *J Physiol.* 2002;543(2):399–411.
 32. Boulosa DA, Nakamura FY, Ruiz JR. Effectiveness of polarized training for rowing performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(4):431–2; author reply 432–6.
 33. Hawley JA, Martin DT. Letters to the editor. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;245(4):431–6.