

Periodisierte Kohlenhydratzufuhr im Ausdauersport

Durch gezielte Variationen der Nährstoffzufuhr können im Training verschiedene Reize gesetzt werden und spezifische Anpassungen diverser Stoffwechselfunktionen unter Belastung hervorgehen. Dieses Hot Topic erklärt, wie mit Hilfe verschiedener Interventionen im Bereich der Kohlenhydrateinnahme Anpassungen im Körper stattfinden können.

Einleitung

Bereits seit einiger Zeit ist klar, dass Veränderungen, welche der Körper durch einen Trainingsreiz auslösen kann, durch Ernährung unterstützt oder unterdrückt werden können. Dies erfordert bei Athleten auf Elite Level, welche eine maximale Anpassung aus Trainingsreizen wünschen, eine optimale Kombination aus Training und Ernährung. Nimmt zum Beispiel ein Athlet, welcher den Muskelaufbau unterstützen möchte, zu wenig Proteine zu sich, so wird kein optimaler Reiz gesetzt und der Athlet wird keine oder sehr wenig Muskelmasse aufbauen können. Ähnlich verhält es sich mit der Kohlenhydratzufuhr vor, während oder nach einer Trainingseinheit. Jede Trainingseinheit hat ein spezifisches Ziel, den Körper an ein nächsthöheres Level zu führen. Ist das Ziel beispielsweise die Verbesserung des Fettstoffwechsels, so macht es wenig Sinn, vor der Trainingseinheit Kohlenhydrate zuzuführen und so den Fettstoffwechsel zu vermindern. Eine an den Trainings- bzw. Wettkampfplan angepasste Kohlenhydratzufuhr kann als periodisierte Kohlenhydratzufuhr bezeichnet werden.

Was ist eine periodisierte Kohlenhydratzufuhr?

Das Wort «periodisiert» impliziert jeweils auch einen strukturierten und geplanten Prozess. Dies bedeutet im Falle der periodisierten Ernährung, dass die Ernährung konkret geplant auf den Trainingsplan abgestimmt wird, um gezielt Veränderungsprozesse, welche durch Trainingsreize ausgelöst werden, optimal unterstützt und fördert. Dabei können gewisse Massnahmen kurzfristige und andere langfristige Ziele verfolgen. So kann beispielsweise ein kurzfristiges Ziel sein, das Gewicht zu optimieren, wobei ein langfristiges Ziel auf die Maximierung der Leistung am Wettkampf hinauszielt.

Ernährungsspezifische Trainingsinterventionen

Periodisierte Ernährung bzw. trainingspezifische Ernährungsinterventionen sind stark gekoppelt mit individuellen Zielen. Liegt einem Training das Ziel zu Grunde, die Fettverbrennung zu verbessern, dann ist durchaus die Notwendigkeit gegeben, ein Training mit tiefer Kohlenhydratverfügbarkeit durchzuführen¹⁻⁷. Soll jedoch die Kohlenhydrataufnahme im Magen-Darm-Bereich verbessert werden, erfordert die Intervention eine erhöhte Kohlenhydrateinnahme während der Belastung⁸. Diese zwei Trainingsmethoden scheinen unterschiedlich zu sein und dennoch gibt es Situationen eines Trainingsprozesses, wobei beide Methoden eine wichtige Rolle einnehmen können. Sie werden entsprechend in verschiedenen Trainingseinheiten in den Trainingsplan mit eingebaut². Die nachfolgenden Abschnitte sollen deshalb verschiedene solcher Interventionen im Detail erläutern.

Training mit tiefer Kohlenhydratverfügbarkeit

Ein Training mit tiefer Kohlenhydratverfügbarkeit durchzuführen, kann verschiedener Interventionen zugrunde liegen. So kann das Konzept zum einen auf tiefen Muskelglykogen- oder Leberglykogenreserven basieren oder ein Training kann ohne Kohlenhydrataufnahme während oder nach der Einheit durchgeführt werden. All diese Interventionen können im Körper verschiedene Zellsignale auslösen bzw. trainingsinduzierte oxidative Antworten erhöhen und somit den Körper zu Veränderungen in der Muskulatur zwingen⁹. Nur wenige Studie konnten dabei bisher einen leistungssteigernden Effekt zeigen⁹. Eine spezifische Trainingsintervention, wäre beispielsweise zwei Mal am Tag zu trainieren und dazwischen keine oder sehr wenig Kohlenhydrate zuzuführen. Die erste Einheit würde dementsprechend die Kohlenhydratreserven (Glykogenspeicher) vermindern und durch die fehlende Wiederauffüllung dieser Reserven würde die zweite Einheit mit verminderten Kohlenhydratspeichern durchgeführt. Leistungssteigernde Effekte konnte durch diese Trainingsintervention nicht beobachtet werden.

Ein Nüchterntraining am Morgen vor dem Frühstück dagegen, wird mit „normal“ gefüllten Kohlenhydratspeichern in der Muskulatur durchgeführt, jedoch sind bei dieser Trainingseinheit die Leberglykogenspeicher entleert und auch so muss der Körper eine Zellantwort produzieren. Werden während einer längeren Trainingseinheit keine Kohlenhydrate zugeführt, so kann dies wiederum eine Stressreaktion im Körper auslösen. Dasselbe gilt auch für eine fehlende Kohlenhydratzufuhr in der Erholungsphase nach einer Belastungseinheit.

Die „Sleep-Low“-Strategie beinhaltet schlussendlich eine Kombination einzelner Methoden¹⁰. Dabei wird am Abend eine hochintensive Intervalleinheit durchgeführt, wobei in der Erholungsphase nach der Einheit keine oder nur sehr wenige Kohlenhydrate wieder zugeführt werden. Die Speicher werden vermindert. Der Athlet verbringt die Nacht in diesem Zustand und wird am Morgen danach eine Nüchternheit vor dem Frühstück absolvieren. Somit sind die Stressfaktoren für den Körper tiefe Kohlenhydratreserven in der Muskulatur wie auch in der Leber. Dieses Konzept wurde erst in einer limitierten Anzahl an Studien untersucht. Die Resultate daraus sind nicht eindeutig und somit ist es absolut zu früh, um Rückschlüsse ziehen zu können. Weitere Untersuchungen sollen den Einfluss auf die Leistungsentwicklung, Immunfunktion sowie auf die Schlafquantität und -qualität untersuchen².

Eine letzte Möglichkeit, die angewendet werden kann, wird „Low-Carb-High-Fat“-Diät oder ketogene Diät genannt^{7,11-16}. Hierbei bleibt man eine längere Zeit (Tage bis Wochen) im Zustand der tiefen Kohlenhydratverfügbarkeit (tiefe Speicher wie auch sehr geringe Einnahme während der Belastung). Es konnte jedoch gezeigt werden, dass eine längere Zeit in einem «low carb» Zustand grundsätzlich einen negativen Einfluss auf die Leistungsentwicklung hatte¹⁷. Die Kohlenhydratverbrennung reduziert sich und die Fettoxidation wird erhöht. Diese Effekte sind in den meisten Sportarten, in welche die Leistung vorwiegend über die Verbrennung der Kohlenhydrate bereitgestellt wird leistungsmindernd^{17,18}. In neuen Studien zeigte sich, dass bereits 5-6 Tage ausreichen, um die Fettverbrennung zu erhöhen und dabei die Kohlenhydratverbrennung zu

vermindern¹⁸. Danach war eine Woche mit kohlenhydratreicher Ernährung nicht ausreichend, um die Leistungsfähigkeit wieder herzustellen. Eine Ausnahme dazu könnten Langzeit-Ausdauersportarten wie der Ironman darstellen. Berechnungen zufolge könnte sich der Bedarf an Kohlenhydraten während dem Wettkampf, vor allem im Amateursportbereich reduzieren, wenn vorgängig über Ernährungs- und Trainingsinterventionen die Fettverbrennung erhöht werden konnte¹⁹. Dies könnte für Athleten mit häufigen gastrointestinalen Problemen während dem Ironman vorteilhaft sein. Diese Aussage beruht jedoch auf Berechnungen und muss sicherlich in Studien noch weiter untersucht werden.

Die beschriebenen Trainingsinterventionen sind einzig im Ausdauersport von Relevanz. Zudem ist die Anwendung nur für austrainierte Athleten sinnvoll, welche den Körper einem neuen Reiz aussetzen möchten, um dabei noch das letzte fehlende Prozent der Leistungssteigerung zu erreichen. Faktoren wie ein erhöhtes Risiko für Übertraining, eingeschränkte bzw. verminderte Immunkompetenz, sowie eine reduzierte Belastungstoleranz zeigen auf, dass diese Ernährungsstrategien nicht für jeden geeignet sind und starke Risiken bergen, die Leistung bzw. die Trainingsentwicklung negativ zu beeinflussen. Unklar scheint auch, ob solche Ernährungsstrategie für Athletinnen geeignet sind. Bisher ist es nicht gelungen, die interessanten Studienresultate im Bereich molekulare Anpassungen ins «Real-Life-Setting» zu übertragen und dabei Rückschlüsse auf die Auswirkungen auf die Leistung zu ziehen.

Training mit hoher Kohlenhydratverfügbarkeit

Ein Training mit hoher Kohlenhydratverfügbarkeit durchzuführen bedeutet, dass die Glykogenspeicher in der Muskulatur sowie in der Leber gefüllt sind oder dass während der Trainingseinheit zusätzliche Kohlenhydrate zugeführt werden². Es konnte gezeigt werden, dass die Kohlenhydratverfügbarkeit massgeblich zur Trainingsqualität beitragen und Überlastungssymptome und Müdigkeit reduzieren kann^{2,3,20}. Zusätzlich kann die Leistung durch eine gezielte Kohlenhydratzufuhr erhöht werden². So kann schlussendlich festgehalten werden, dass vor allem bei hochintensiven Belastungen und Trainings mit maximaler Qualität, eine hohe Kohlenhydratverfügbarkeit von Vorteil ist.

Training des Magen-Darm-Traktes

Nebst den direkten Effekten der Ernährung auf die Anpassungen des Körpers an den Trainingsreiz können gezielte ernährungsspezifische Interventionen auch genutzt werden, Probleme des Magen-Darm-Traktes zu reduzieren. Durch gezielt geplante Massnahmen, kann so die Aufnahme und Verdauung von Kohlenhydraten während einer sportlichen Belastung trainiert und optimiert werden, so dass solche Nebenwirkungen wie Übelkeit, Bauchschmerzen bis hin zu Durchfall vermindert werden können⁸. Dieser Effekt lässt sich nicht nur mit der Reduktion der Nebenwirkungen erklären, sondern auch durch eine verbesserte Magenentleerung und eine verbesserte Kohlenhydrataufnahme im Darmtrakt. Dies führt zu einer verbesserten Kohlenhydratverfügbarkeit während der Belastungssituation. Um die Aufnahme der Kohlenhydrate während einer Belastung zu verändern, scheinen einige Tage bis hin zu zwei Wochen mit hoher Kohlenhydratzufuhr ausreichend zu sein,⁸. Mehr dazu findet sich im HotTopic Training des Magen-Darm-Traktes.

Training der Wettkampfernährung

Das Training der Wettkampfernährung beinhaltet vorwiegend das Austesten der wettkampfspezifischen Ernährungskonzepte im Trainingsalltag^{1,2}. Dabei geht es wiederum darum, den Magen-Darm-Trakt auf eine solche Belastung vorzubereiten und dabei die Aufnahme der Kohlenhydrate während der Belastung zu trainieren⁸. Weitere Aspekte einer solchen Trainingseinheit beinhalten zudem grundsätzlich die Verträglichkeit der gewählten Produkte, die Sicherstellung einer ausreichenden Flüssigkeitsversorgung und das Training der Verpflegungstechnik (Bsp. Flasche beim Verpflegungstisch holen oder aus einem Becher trinken lernen). Der Athlet soll auf alle Eventualitäten vorbereiten werden, damit er für den Tag „X“ optimal vorbereitet ist.

Intervallfasten im Sport

Mit Intervallfasten sind verschiedene Ernährungsinterventionen gemeint, bei welchen, während einiger Stunden täglich Nahrung zugeführt wird und dann jedoch während der anderen Stunden auf Energie-/Nahrungszufuhr ganz verzichtet wird. Ein Beispiel wäre das 8:16-Modell, wobei während 8 Stunden Energie zugeführt wird und in den anderen 16 Stunden gefastet. Auch während dem Ramadan kommt es zu einer Art Intervallfasten. Nur wenige Studien haben dabei die Leistungsfähigkeit während dem Ramadan untersucht²¹. Es lässt sich noch nicht klar abschätzen, welche Effekte die veränderte Nahrungszufuhr auf die Leistung hat. Die Tendenz zeigt zwar eine Akkumulation der Ermüdung und eine Abnahme der Leistungsfähigkeit gegen Ende der Ramadan-Zeit. Generell scheint die Leistung während dem Ramadan jedoch nicht abzunehmen^{21,22}. Es lohnt sich dennoch, die Trainingszeiten und -intensitäten so anzupassen, dass die bestmögliche Leistung, Erholung und Adaptation gewährleistet werden kann (Beispielsweise morgens oder abends nach/vor der Nahrungszufuhr).

Im Allgemeinen scheint es schwierig zu sein, Studienresultate miteinander zu vergleichen, da verschiedene Protokolle (Dauer der Intervention, Dauer der Nüchternphase, etc.) verwendet und verschiedene Outcome-Parameter untersucht werden. Auch muss darin festgehalten werden, ob durch die limitierte zeitliche Energiezufuhr auch die totale Energiezufuhr vermindert wird. Dies würde bedeuten, dass es zu einer negativen Energiebilanz kommt und sich dadurch die Energieverfügbarkeit und die Körperzusammensetzung verändern. Dies könnte allenfalls auch zu einer Abnahme der Muskelmasse führen. Wenn man sich zudem die optimale Proteinzufuhr anschaut, dann ist dort nicht nur die totale Zufuhr (1.5 bis 2.0 g/kg/Tag für Athleten) als Empfehlung anzusehen, sondern auch die regelmässige Zufuhr von hochqualitativen Proteinquellen auf 4-5 Portionen über den Tag verteilt²³. Bei einer intermittierenden Fastenmethode wäre es nicht möglich eine solche optimale Proteinzufuhr einzunehmen. Bei Athleten mit mehreren Trainingseinheiten pro Tag würde wohl auch die Energiebereitstellung vor, während und nach dem Training unter dem intermittierenden Fasten «leiden». Das heisst, es könnte sein, dass vermehrt Trainings in «nüchternem Trainingszustand» durchgeführt würden oder nach der letzten Einheit keine Nahrung zur optimalen Förderung der Trainings- und Erholungsmassnahmen eingenommen wird. Die Situation scheint generell nicht ideal zu sein für Athleten, welche im Hochleistungsbereich Sport treiben.

Fazit: Kohlenhydratperiodisierung

Das Konzept der Kohlenhydratperiodisierung beinhaltet verschiedene Massnahmen ernährungsspezifischer Interventionen, welche in den Trainingsalltag integriert werden können. Die Anwendung einer solchen Periodisierung zur Maximierung der Trainingseffekte erfordert Kenntnisse zu den kurz- und langfristigen Zielen des Athleten, eine enge Zusammenarbeit zwischen Athleten und Trainer bei der individuell

abgestimmten Planung der Interventionen und schlussendlich eine gezielte Umsetzung durch den Athleten.

Verfasser: Dr. Joëlle Flück

Datum: Dezember 2021, Version 3.0

Gültigkeit: bis Dezember 2024

Literatur

1. Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. Review. *Sports Med.* May 2014;44 Suppl 1:S25-33. doi:10.1007/s40279-014-0148-z
2. Jeukendrup AE. Periodized Nutrition for Athletes. Review. *Sports Med.* Mar 2017;47(Suppl 1):51-63. doi:10.1007/s40279-017-0694-2
3. Hulston CJ, Venables MC, Mann CH, et al. Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* Nov 2010;42(11):2046-55. doi:10.1249/MSS.0b013e3181dd5070
4. Burke LM, Hawley JA. Effects of short-term fat adaptation on metabolism and performance of prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc.* Sep 2002;34(9):1492-8. doi:10.1249/01.mss.0000027690.61338.38
5. Burke LM, Hawley JA, Angus DJ, et al. Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability. *Med Sci Sports Exerc.* Jan 2002;34(1):83-91.
6. Hawley JA. Effect of increased fat availability on metabolism and exercise capacity. *Med Sci Sports Exerc.* Sep 2002;34(9):1485-91. doi:10.1249/01.mss.0000027689.65310.4a
7. Hawley JA, Brouns F, Jeukendrup A. Strategies to enhance fat utilisation during exercise. *Sports Med.* Apr 1998;25(4):241-57.
8. Jeukendrup AE. Training the Gut for Athletes. Review. *Sports Med.* Mar 2017;47(Suppl 1):101-110. doi:10.1007/s40279-017-0690-6
9. Impey SG, Hearn MA, Hammond KM, et al. Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sports Med.* May 2018;48(5):1031-1048. doi:10.1007/s40279-018-0867-7
10. Marquet LA, Brisswalter J, Louis J, et al. Enhanced Endurance Performance by Periodization of Carbohydrate Intake: "Sleep Low" Strategy. *Med Sci Sports Exerc.* Apr 2016;48(4):663-72. doi:10.1249/MSS.0000000000000823
11. Burke LM. Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the 'Nail in the Coffin' Too Soon? *Sports Med.* Nov 2015;45 Suppl 1:S33-49. doi:10.1007/s40279-015-0393-9
12. Fleming J, Sharman MJ, Avery NG, et al. Endurance capacity and high-intensity exercise performance responses to a high fat diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* Dec 2003;13(4):466-78.
13. Goedecke JH, Christie C, Wilson G, et al. Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists. *Metabolism.* Dec 1999;48(12):1509-17.
14. Lambert EV, Goedecke JH, Zyle C, et al. High-fat diet versus habitual diet prior to carbohydrate loading: effects of exercise metabolism and cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* Jun 2001;11(2):209-25.
15. Lambert EV, Speechly DP, Dennis SC, Noakes TD. Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;69(4):287-93.
16. Rowlands DS, Hopkins WG. Effects of high-fat and high-carbohydrate diets on metabolism and performance in cycling. *Metabolism.* Jun 2002;51(6):678-90.
17. Burke LM. Ketogenic low-CHO, high-fat diet: the future of elite endurance sport? *J Physiol.* 02 2021;599(3):819-843. doi:10.1113/JP278928
18. Burke LM, Whitfield J, Heikura IA, et al. Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability. *J Physiol.* 02 2021;599(3):771-790. doi:10.1113/JP280221
19. Maunder E, Kilding AE, Plews DJ. Substrate Metabolism During Ironman Triathlon: Different Horses on the Same Courses. *Sports Med.* Oct 2018;48(10):2219-2226. doi:10.1007/s40279-018-0938-9
20. Yeo WK, Paton CD, Garnham AP, Burke LM, Carey AL, Hawley JA. Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *J Appl Physiol (1985).* Nov 2008;105(5):1462-70. doi:10.1152/jappphysiol.90882.2008
21. Abaïdia AE, Daab W, Bouzid MA. Effects of Ramadan Fasting on Physical Performance: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med.* May 2020;50(5):1009-1026. doi:10.1007/s40279-020-01257-0
22. Maughan RJ, Fallah J, Coyle EF. The effects of fasting on metabolism and performance. *Br J Sports Med.* Jun 2010;44(7):490-4. doi:10.1136/bjism.2010.072181
23. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:20. doi:10.1186/s12970-017-0177-8