



GENEOMETRY HEALTHY SPORT



Name

Beate Beispiel

Alter

37

Datum

02.06.2021

Epigenetik – miRNA-Analyse

Regenerations- und Leistungsfähigkeits-miRNA

Zellerneuerungs-miRNA

Fat-Burning miRNA

Fitness-miRNA

Muskelvitalitäts-miRNA

Überlastungs-miRNA

Muscle Gain miRNA

Sport und Lifestyle reflektierende miRNA

Ihre Analysenprobe wurde nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und höchsten Labor-Qualitätsstandards ausgewertet. Die Analyse Ihrer Daten wurde anschließend von unseren Mitarbeitern vorgenommen und von unserem Laborleiter persönlich freigegeben. Hiermit übermitteln wir Ihnen Ihren persönlichen Bericht, der für Sie individuell von uns generiert wurde. Wir bedanken uns herzlich für Ihr Vertrauen und freuen uns über Fragen und Anregungen, um unseren Service kontinuierlich zu verbessern. Wir hoffen, die Analyse erfüllt Ihre Erwartungen. Mit freundlichen Grüßen,

Ihr Team von HealthBioCare

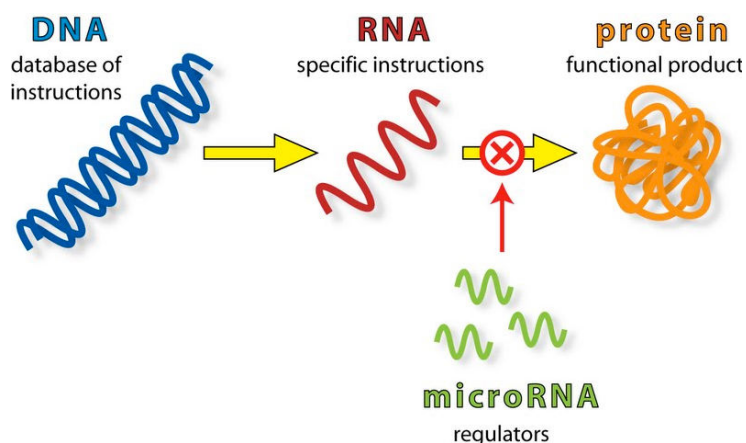
Epigenetik – miRNA-Analyse

Mehrere Studien bestätigen den positiven Effekt von regelmäßigem Training auf die geistige und körperliche Gesundheit. Die molekularen Mechanismen, die der trainingsbedingten Fitness in Kombination mit dem persönlichen Lebensstil zugrunde liegen, waren bisher nur sehr kompliziert zu analysieren. HealthBioCare hat in einer 2-jährigen Studie mit 160 TeilnehmerInnen mehr als 460 verschiedene Stoffwechselfaktoren auf ihre Verwendung als Biomarker getestet. Zur Untersuchung systemischer und zellulärer Veränderungen werden im Healthy Sport Panel zirkulierende microRNAs (miRNAs) als Biomarker verwendet. Diese spiegeln die komplexen Stoffwechselprozesse wider, die während eines Trainingszyklus im Körper ablaufen. Die systematische Bewertung von im Blut übertragenen micro RNAs ermöglicht HealthBioCare so die systematische Bewertung von 8 verschiedenen sportrelevanten miRNAs. Egal ob Trainingsanfänger, fortgeschrittener Profi oder Trainingstypwechsel, durch die Analyse können Sie Ihren persönlichen Stoffwechselzustand erfahren. HealthBioCare kombiniert Beobachtungen aus molekularen Trainingsmarkern (miRNAs), Genetik (SNPs) sowie beobachteten Phänotypen und erstellt so Empfehlungen zu Intension und Frequenz von Ausdauer- und Kraftsportarten, Ernährungs- und Lebensstilfaktoren.

Was sind miRNAs?

Epigenetik – das molekulare Gedächtnis von Umwelteinflüssen

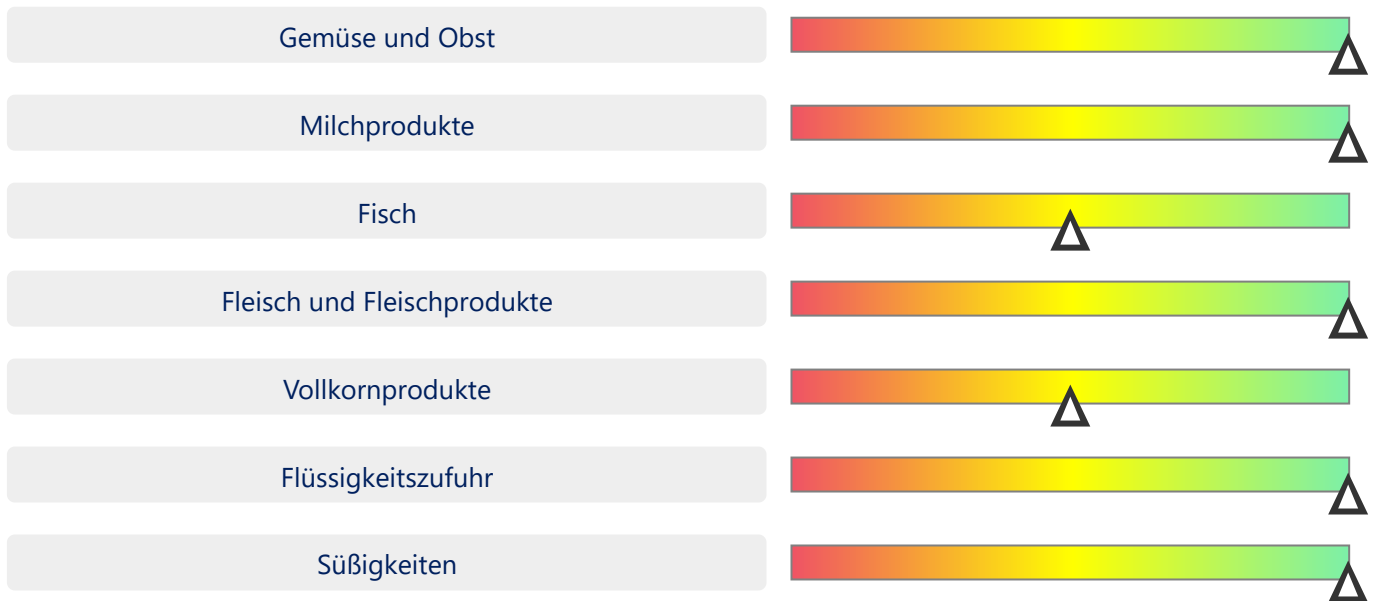
Wie oft der Körper Gene abliest ist sehr verschieden und wird durch Umwelteinflüsse, Ernährung und den Lebensstil beeinflusst. Doch obwohl Geninformationen teilweise abgelesen werden, besteht die Möglichkeit, dass sie nicht in ein entsprechendes Produkt umgesetzt werden. Ein Grund hierfür sind kurze RNA-Stücke, die sogenannten miRNAs. Diese dienen der Regulierung von Stoffwechselprozessen, und können zum Beispiel zu einer höheren oder niedrigeren Bildung bestimmter Enzyme führen. Umweltfaktoren, Ernährung und Sport beeinflussen diese miRNAs und können sich auf unterschiedlichste Körperfunktionen auswirken. Solche Veränderungen der miRNAs kann man messen.



Durch die Analyse von acht miRNAs kann Ihnen HBC personalisierte, auf Ihrem zellulären Trainingslevel basierende Bewegungsempfehlungen geben. Auf diese Weise können Sie Ihr Training individuell optimieren.

Evaluierung Ihres Ernährungs- und Lebensstilfragebogens

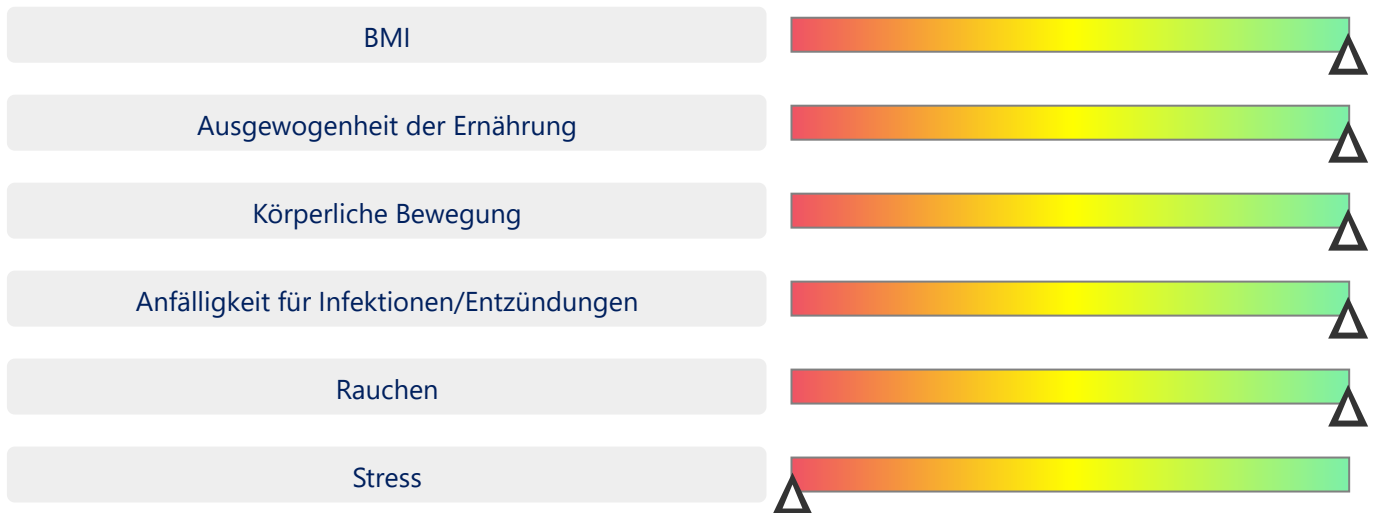
Überblick über Ihre Ernährungsgewohnheiten



Ihre Ernährung wurde anhand der WHO-basierten Empfehlungen analysiert, wie zum Beispiel der Ernährungspyramide. Die Ergebnisse der Ernährungsgruppen sind im Ampelsystem dargestellt.

Ihre Ernährung ist sehr ausgewogen. Steigern Sie Ihre Aufnahme an Obst auf mehrmals täglich. Fisch zählt zu den wichtigen omega-3 Quellen und sollte mindestens 1-2 Mal pro Woche verzehrt werden. Erhöhen Sie Ihre Ballaststoffzufuhr, z.B. durch Vollkornprodukte. Dies ist natürlich auch durch glutenfreie Alternativen, wie Quinoa, Amaranth oder Buchweizen möglich.

Überblick über Lebensstilparameter



Die hier widergespiegelte sportliche Aktivität bezieht sich auf die Empfehlungen des Bundesministeriums für Landesverteidigung und Sport und muss nicht zwingend Ihren persönlichen Bedürfnissen entsprechen.

Ihr Lebensstil ist ausgeglichen. Versuchen Sie, Ihr Stresslevel zu reduzieren.



Regenerations- und Leistungsfähigkeits- miRNA

Diese miRNA wird hauptsächlich durch Kraftsport beeinflusst und kann Ihre Leistungs- und Regenerationsfähigkeit widerspiegeln. Die Aufnahme von mehrfach ungesättigten Fettsäuren (z.B. in Mandeln und Walnüssen enthalten) sowie eine kohlenhydratreiche Ernährung wirken sich positiv auf diese miRNA aus.

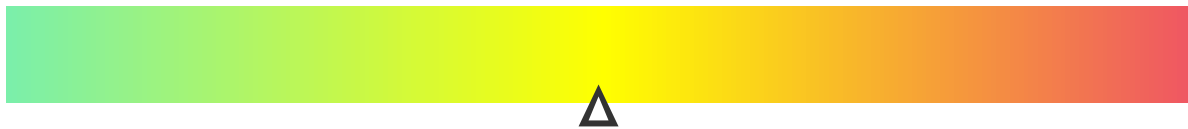


Ihre "Regenerations- und Leistungsfähigkeits-miRNA" befindet sich außerhalb des optimalen Bereichs. Krafttraining kann sich günstig auf diese miRNA auswirken. Verstärken können Sie diesen positiven Effekt durch eine ausreichende Kohlenhydratzufuhr, sowie eine erhöhte Aufnahme von mehrfach ungesättigten Fettsäuren, um auch dem Risiko für Erschöpfungssymptome vorzubeugen. Zusätzlich sind Kohlenhydrate (Empfehlungen siehe Appendix) für die Proteinbilanz, also den Auf- und Abbau von Proteinen, wichtig. Eine optimale Bilanz fördert die Zunahme von Muskelmasse und -kraft.



Zellerneuerungs-miRNA

Diese miRNA ist an der Zellverjüngung und Zellerneuerung beteiligt und fördert die Bildung von Blutgefäßen und kann demnach zu einer besseren Durchblutung beitragen. Eine Erhöhung der "Zellerneuerungs-miRNA" wirkt präventiv gegen koronare Herzerkrankungen und kann durch kontinuierliches Ausdauertraining erzielt werden. Eine zusätzliche Aufnahme des Polyphenols Oleuropein (z.B. in hochwertigem Olivenöl enthalten) kann diesen Effekt verstärken.

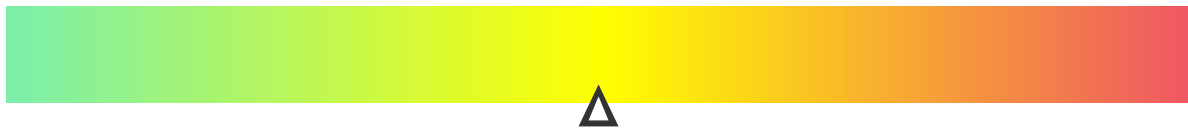


Ihre "Zellerneuerungs-miRNA" befindet sich leicht außerhalb des optimalen Bereichs. Durch eine Steigerung des Ausdauersports (Intensität und Häufigkeit) um max. 10 % alle 6 Wochen können Sie Ihre Werte der "Zellerneuerungs-miRNA" verbessern und von ihren positiven Einflüssen (z.B. auf die Blutgefäße) profitieren.



Fat-Burning miRNA

Die "Fat-Burning miRNA" dämpft den Aufbau von Fettgewebe und wirkt sich positiv auf die mitochondriale Aktivität (Energieversorgung) und Insulinsensitivität aus. Zusätzlich wirkt Muskelmasse stoffwechselaktiv und erhöht Ihren Grundumsatz. Vor allem Ausdauersport, aber auch Kraftsport beeinflussen die Effekte der "Fat-burning miRNA" positiv. Studien haben gezeigt, dass Resveratrol (rote Weintrauben), aber auch Folat (grünes Blattgemüse) unterstützend wirken können.

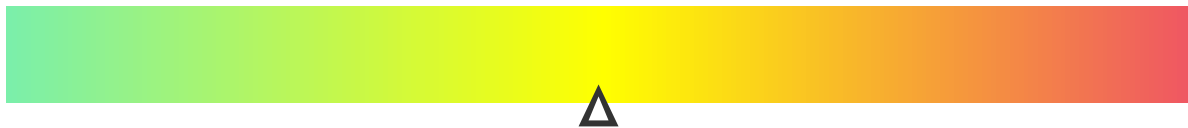


Ihre "Fat-Burning miRNA" befindet sich leicht außerhalb des optimalen Bereichs. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, empfehlen wir Ihnen sowohl Ausdauer- als auch Kraftsport in Ihren Trainingsplan zu integrieren. Dies führt zu einem Aufbau stoffwechselaktiver Muskelmasse.



Fitness-miRNA

Die "Fitness-miRNA" wird durch Ausdauer- und Kraftsport positiv beeinflusst. Studien belegen, dass Ernährungsweisen, die reich an "gesunden" Fetten sind, sich günstig auf diese miRNA auswirken können. Auch konnte gezeigt werden, dass eine Kalorienreduktion in Kombination mit einer höheren Proteinzufuhr einen positiven Einfluss auf diese miRNA haben kann. Ein Mangel an sportlicher Betätigung oder Arteriosklerose wirken sich negativ auf die "Fitness-miRNA" aus, wohingegen ein niedriger Alkoholkonsum und eine Stressreduktion positive Effekte zeigen.



Ihre Werte der "Fitness-miRNA" befinden sich leicht außerhalb des optimalen Bereichs. Versuchen Sie gegebenenfalls, Ihr Sportpensum zu erhöhen oder greifen Sie häufiger zu Nüssen, Samen sowie wertvollen Pflanzenölen, welche reich an essenziellen Fettsäuren sind. Achten Sie auf eine ausreichende Proteinzufuhr (siehe Tabelle im Appendix).



Muskelvitalitäts-miRNA

Die "Muskelvitalitäts-miRNA" fördert die Durchblutung des Muskels und damit die Versorgung des Muskels mit Sauerstoff und Nährstoffen. Sport trägt zur Aktivierung dieser miRNA bei. Zusätzlich kann der Effekt durch die Aufnahme von Curcumin positiv beeinflusst werden.



Ihre Werte der "Muskelvitalitäts-miRNA" befinden sich außerhalb des optimalen Bereichs. Intensivieren Sie Ihr Training, um Ihre miRNA zu verbessern (Empfehlungen siehe Appendix). Auch die Aufnahme von Curcumin kann positive Effekte haben. Da sich in Studien gezeigt hat, dass sich Magnesium positiv auf diese miRNA auswirkt, empfehlen wir Ihnen eine verstärkte Einnahme magnesiumreicher Nahrungsmittel (Sonnenblumenkerne, Haferflocken).



Überlastungs-miRNA

Diese miRNA ist an diversen entzündungsregulierenden Prozessen beteiligt. Bei einer Überanstrengung gerät die Produktion der "Überlastungs-miRNA" aus dem Gleichgewicht. Jenes kann folglich Entzündungen im Körper hervorrufen oder vorhandene Entzündungen verstärken. Diese komplexe Entzündungskaskade kann langfristig zu neurodegenerativen Beschwerden führen. Einen positiven Einfluss kann durch eine erhöhte Aufnahme von Isoflavonen (Genistein) oder Vitamin E erreicht werden. Zur Stabilisierung oder Verbesserung dieser miRNA sollten, entsprechend der Werte, ein bis zwei Einheiten Ausdauersport durch Kraftsport ersetzt werden.



Ihre Werte der "Überlastungs-miRNA" befinden sich leicht außerhalb des optimalen Bereichs. Ersetzen Sie eine Trainingseinheit Ausdauersport durch Kraftsport. Zusätzlich können Sie Ihren miRNA-Wert durch eine erhöhte Genisteinaufnahme (Sojaprodukte, Kichererbsen, Johannisbeeren, ...) verbessern. Auch eine regelmäßige Vitamin D-Gabe kann eine Verschlechterung verhindern.



Muscle Gain miRNA

Diese "Muscle Gain miRNA" gibt Hinweise darauf, wie Ihr Körper auf Kraftsport reagieren kann – ob Muskelmasse aufgebaut wird oder sich zusätzliches Fett einlagert. Daher ist es besonders wichtig, beim Aufbau auf einen angemessenen Energieüberschuss (maximal 300-500 kcal) zu achten. Ein hoher Wert steht für eine gute Muskelregeneration. Zu wenig dieser miRNA bedeutet, dass Muskeln schwerer aufgebaut werden können und sich der Muskel langsamer regeneriert.



Ihr Wert ist leicht unterhalb des optimalen Bereichs. Sie müssen Ihr Trainingsniveau noch steigern, um Muskeln effektiver aufbauen zu können. Wenn Sie keine Muskelmasse zunehmen wollen, ist dieser Wert optimal für Sie.



Sport und Lifestyle reflektierende miRNA

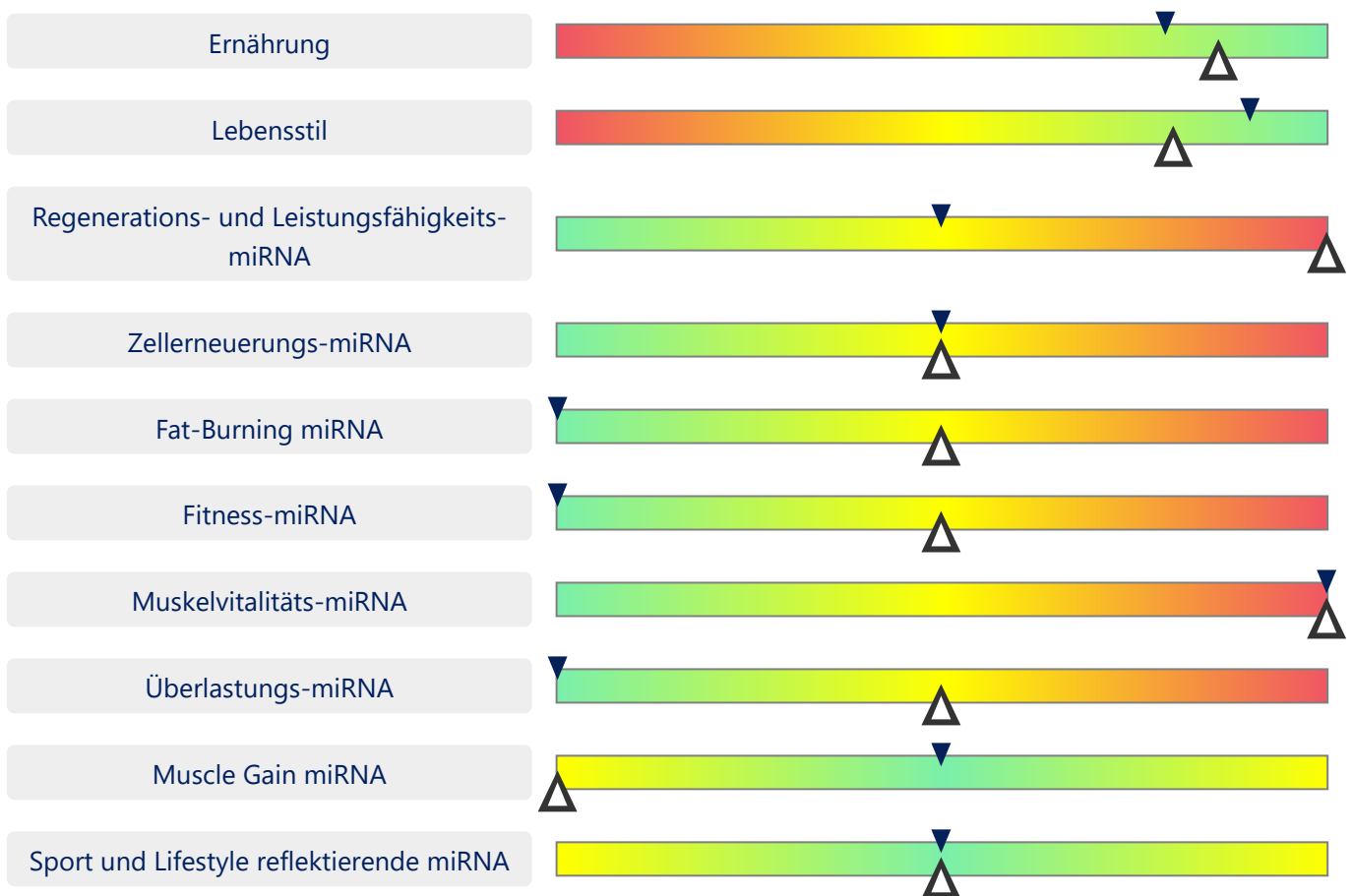
Diese miRNA sollte möglichst stabil bleiben und wird vor allem bei den Follow-up-Analysen von Bedeutung sein. Bei der ersten Auswertung setzen wir Sie darum automatisch auf grün. Bei der Follow-up-Analyse würde eine Verschlechterung einen Mehrbedarf an Mikronährstoffen und/oder eine zu fettreiche Ernährung bzw. ein zu geringes Sportpensum anzeigen.



Der Wert Ihrer "Sport und Lifestyle reflektierenden miRNA" ist im Verlauf der Messungen im optimalen Bereich geblieben. Dies deutet auf einen ausgewogenen Lebensstil hin und gibt einen Hinweis darauf, dass Sie trotz sportbedingtem Mehrbedarf an Nährstoffen durch Ihre Ernährung optimal versorgt sind.

Zusammenfassung der Analyse auf einen Blick

Überblick der Analyseergebnisse



▼ Wert Ihrer vorigen Analyse vom 02.06.2021
▲ Wert Ihrer aktuellen Analyse vom 02.06.2021

Diese Grafik zeigt Ihnen eine Überblick über Ihre aktuelle Analyse verglichen mit der vorherigen Analyse. Die Bewertung ist mittels Ampelsystem dargestellt.



Ernährungsempfehlungen für Sportler

Inhalt

Tabellenverzeichnis	1
Kohlenhydrate	1
Fette	3
Proteine	4
Literatur	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Kohlenhydratspeicher	1
Tabelle 2. Kohlenhydrat-Zufuhr während Belastung	2
Tabelle 3. Empfohlene Kohlenhydrat-Zufuhr	2
Tabelle 4. Empfohlene Protein-Zufuhr	5
Tabelle 5. Beispiel Ernährungsempfehlung	5
Tabelle 6. Periodisierte Kohlenhydrat-Zufuhr	6

Kohlenhydrate

Kohlenhydrate (= Saccharide) bilden neben den Fetten und Proteinen den größten verwertbaren und nicht-verwertbaren (Ballaststoffe) Anteil an der Nahrung. Sie spielen eine zentrale Rolle als primäre Energiequellen für Zellen und zentrales Nervensystem sowie als Energielieferanten für die Muskulatur während körperlicher Belastung. Bei zunehmender Belastungsintensität nimmt der Anteil der Kohlenhydrate an der Energiebereitstellung zu, während jener der Fette abnimmt. Jedoch ist ihre Speicherkapazität im Körper limitiert¹.

Kohlenhydratspeicher eines Ausdauersportler (ca. 75 kg):

ENERGIESUBSTRAT	MENGE (IN G)	ENERGIE (IN KCAL)	PHYSIOLOGISCHE BESONDERHEIT
BLUTGLUKOSE	4 -6	20 – 24	Mentale Leistungsbereitschaft
LEBERGLYKOGEN	100	400	Blutzuckerspiegel → Gehirn
MUSKELGLYKOGEN	400 – 500	1.600 – 2.000	Schnelle Energiequelle für aktive Muskulatur
UNTERHAUT-FETTGEWEBE	7.000 – 8.000	63.000 – 72.000	Langsame, aber langfristige Energiequelle
INTRAMUSKULÄRE LIPIDE	250 – 600	2.250 – 5.400	Lipidspeicher in der Muskulatur

Table 1. Kohlenhydratspeicher: Angaben nach JEUKENDRUP et al. 1998² und SYLOW et al. 2017³

Kohlenhydrate und intensives Ausdauertraining:

Eine ausreichende Kohlenhydrat-Zufuhr gewährleistet die Leistungsfähigkeit und -bereitschaft des Sportlers. Fortlaufendes Training mit einer chronisch niedrigen Kohlenhydrat-Zufuhr führt zu einer Beeinträchtigung der Trainingsleistung und -anpassung, sowie zu einer erhöhten Neigung für Erschöpfungssymptomen (z.B. Aufgrund erschöpfter Glykogenspeicher und verschlechterter Proteinbilanz)⁴.

Kohlenhydrat-Zufuhr während Ausdauerbelastungen:

Bei einem Mangel an Kohlenhydraten kommt es zu Leistungseinbrüchen und der katabole Stoffwechsel wird verstärkt. Während der Belastung kommt es zu einer Limitierung der Aufnahme- und Oxidationsrate. Durch eine erhöhte Zufuhr „multiple transportable“ Kohlenhydrate (z.B. Maltodextrin und Fruktose) kann die Aufnahme- und Oxidationsrate erhöht werden⁵.

Empfohlene Kohlenhydrat-Zufuhr während körperlicher Belastung:

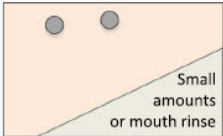
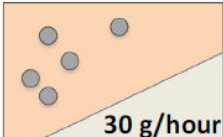
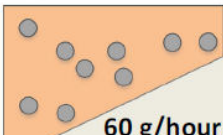
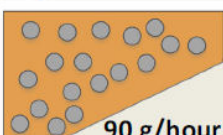
Duration of exercise	Amount of carbohydrate needed	Recommended type of carbohydrate	Additional recommendation
30–75 minutes	 Small amounts or mouth rinse	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
1–2 hours	 30 g/hour	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
2–3 hours	 60 g/hour	Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training highly recommended
> 2.5 hours	 90 g/hour	ONLY multiple transportable carbohydrates	Nutritional training essential

Tabelle 2. Kohlenhydrat-Zufuhr während Belastung: Diese Empfehlungen sind für gut trainierte Sportler. Für Anfänger sollten diese möglicherweise nach unten angepasst werden⁶.

Kohlenhydrat-Zufuhr und Regeneration:

Eine vollständige Neubildung des Muskelglykogens nach einer sportlichen Belastung dauert in Abhängigkeit der Muskelschädigung etwa 24 Stunden. Für eine rasche und gezielte Wiederauffüllung sollte das „anabole Fenster“ (0 – 4 Stunden nach dem Training) genutzt werden. Während des „anabolen Fensters“ kommt es z.B. zu einer gesteigerten Insulinwirkung und zu einem verbesserten Glukosetransport in die Muskelzellen. Empfohlen werden etwa 1 g Kohlenhydrate pro kg Körpergewicht / pro Stunde in den ersten 4 Stunden⁴.

Empfohlene Kohlenhydrat-Zufuhr bei körperlichem Training:

TÄGL. TRAININGSUMFANG	EMPFOHLENE KH-ZUFUHR	BEISPIEL FÜR 75 KG
NIEDRIG – MODERAT	3 – 5 g / kg KG / Tag	225 – 375 g / Tag
MITTEL (AB CA. 1 STD.)	5 – 7 g / kg KG / Tag	375 – 525 g / Tag
HOCH (CA. 1 – 3 STD.)	6 – 10 g / kg KG / Tag	450 – 750 g / Tag
SEHR HOCH (CA. > 4 – 5 STD.)	8 – 12 g / kg KG / Tag	600 – 900 g / Tag

Tabelle 3. Empfohlene Kohlenhydrat-Zufuhr: Referenzen nach BURKE et al. 2011⁷ und BURKE et al. 2017⁴; KG = Körpergewicht

Fette

Fette gehören zu den Grundnährstoffe des Menschen und werden unter anderem als Energielieferanten, Schutzpolster für innere Organe und „Lösungsmittel“ für fettlösliche Stoffe (einige Vitamine) benötigt. Man unterscheidet zwischen Speicherfett (langfristige Energiereserve über Fettoxidation für Ausdauersport) und Strukturfett (lebensnotwendige Bestandteile aller Körperzellen).

Die **Fettoxidation bei körperlicher Belastung** wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst^{8,1,9,10}:

- **Trainingszustand:** Ausdauertraining (Intervall- und Dauertraining) erhöht durch verschiedene Mechanismen (z.B. verbesserte Sauerstoffaufnahme und erhöhte Mitochondriendichte) die Fettoxidation und „schont“ dadurch die Glykogenspeicher.
- **Belastungsintensität:** mit zunehmender Intensität nimmt die Fettoxidation ab.
- **Belastungsdauer:** mit zunehmender Dauer nimmt die Fettoxidation zu.
- **Ernährung:** hohe Kohlenhydrat-Zufuhr und gefüllte Glykogenspeicher reduzieren die Fettoxidation.
- **Geschlecht:** Frauen zeigen eine höhere Fettoxidationsrate, eine erhöhte Mitochondriendichte und eine erhöhte oxidative Kapazität der Mitochondrien.

Zusätzlich hat Ausdauertraining wesentliche gesundheitsfördernde Effekte, z.B. auf Blutlipide und Insulinsensitivität. Studien zeigten, dass 2 bis 4 Stunden Ausdauertraining pro Woche das HDL-Cholesterin um ca. 2-3 mg / dl erhöht und die Triglyceride um 8-20 mg / dl reduziert¹¹. Ausdauertrainierte Personen zeigten einen erhöhten Umsatz (verstärkte energetische Nutzung und Re-Synthese) von intramuskulären Lipiden, was möglicherweise einen positiven Einfluss auf die Insulinsensitivität hat¹².

Mögliche Ernährungsinterventionen zur Erhöhung der Verwertung von Fetten^{13,14,15,16}:

- **Koffein:** wirkt leistungssteigernd, zeigt kurzfristige thermogene Wirkungen, erhöht die Ruhestoffwechselrate und erhöht die Freisetzung freier Fettsäuren.
- **Grüner Tee (EGCG):** hat möglicherweise das Potenzial, den Fettstoffwechsel zu steigern und kann dazu beitragen, Körperfett und Körpergewicht zu verlieren. Die Evidenz ist bezüglich Fettoxidation und Praxisrelevanz jedoch noch unzureichend.
- **Carnitin-Supplementierung:** Carnitin spielt eine Rolle beim Transport von Fettsäuren zwischen Cytosol und Mitochondrien. Studien zeigen vereinzelt positive Ergebnisse, insgesamt aber kontrovers und unzureichend.
- **Längerfristige Erhöhung des Fettanteils („fat loading“):** können metabolische Anpassungen im Muskel auslösen (höhere Fettoxidationsraten). Aber aufgrund von suboptimalen Trainingsanpassungen (keine Leistungsverbesserung, schlechtere Sauerstoffverwertung) und der Beeinträchtigung des Abbaus von Muskelglykogen bei intensiver Belastung, ist dies nicht zu empfehlen.
- **Temporäre Manipulation der Kohlenhydratverfügbarkeit** (siehe Exkurs „train low, compete high“): Studien deuten an, dass die Fettoxidation während einer submaximalen Belastung, nach einem Training mit niedrigem Glykogenspeicher, erhöht wird.

Proteine

Proteine (=Eiweiße) bestehen aus Aminosäuren. Insgesamt gibt es 21 verschiedene Aminosäuren, von denen 8 für den menschlichen Körper essenziell sind, da er sie nicht selbst herstellen kann. Eine Hauptaufgabe der Proteine ist der Aufbau und die Erneuerung körpereigener Proteine. Außerdem haben sie vielfältige Funktionen z.B. als Struktur-, Transport-, Hormon- oder Enzymproteine.

Gründe für den **Mehrbedarf an Proteinen** bei körperlichem Training:

- Trainingsinduzierte Neubildung von körpereigenen Proteinen für das Wachstum von Muskelfasern, Mitochondrien, Enzymen, etc.
- Erhöhter Erhaltungsbedarf durch erhöhten Protein-Turnover (gewährleistet Plastizität; siehe Exkurs „Protein-Turnover“)
- Neuwachstum nach belastungsbedingter Muskelschädigung
- Mehrbedarf über die natürliche Ernährung abdeckbar
- Zeitpunkt und Verteilung der Proteinaufnahme wichtig
- Nettoproteinbilanz = Proteinsynthese - Proteinabbau

Proteinzufuhr, Regeneration und Anpassungen an Kraft- und Ausdauertraining^{17,18,19}:

- Trainingsinduzierte Neubildung von Proteinen in der Muskulatur, z.B. mitochondriale Proteine, Myofibrillen und Stoffwechsel-Enzymen, bilden die Grundlage für Trainingsanpassungen.
- Durch eine zum Training zeitnahe Proteinaufnahme wird die Verfügbarkeit von v.a. essenziellen Aminosäuren beschleunigt und anabole Signalwege werden aktiviert. Wodurch es in Folge zu einer verstärkten Muskelproteinsynthese („anaboles Fenster“) kommt.
- Mit zunehmendem Trainingszustand wird die zeitnahe Proteinaufnahme nach dem Training immer wichtiger.
- Weiters nimmt die Effizienz der Muskelproteinsynthese im Alter ab („anabole Resistenz“). Aber auch bei Älteren verstärkt Training die anabolen Effekte einer Proteinaufnahme.
- Effizienz zur Stimulierung der Muskelproteinsynthese: Molke > Casein > Sojaprotein

Dosis-Wirkungsbeziehung und Muskelproteinsynthese^{20,21,22}:

- Für eine maximierte Muskelproteinsynthese ist die Aufnahme von 20 – 25 g Proteine zeitnah zum Training notwendig.
- Generell wird eine etwas höhere Zufuhr (> 25 g) bei intensivem Ganzkörper-Krafttraining und bei älteren Menschen empfohlen. Eine Proteinaufnahme von ≥ 40 g zeigte jedoch keine weiteren vorteilhaften Effekte auf die Muskelproteinsynthese.
- Frühzeitige Aufnahme von 25 g Protein nach dem Training beschleunigt die Verfügbarkeit essenzieller Aminosäuren im Blut und Muskulatur. Dadurch werden anabole Signalwege und die Muskelproteinsynthese verstärkt aktiviert. Mögliche involvierte Mechanismen sind eine erhöhte Insulinwirksamkeit und erhöhte Durchblutung der Muskulatur.
- Weiteres zeigte eine Studie²³, dass eine frühzeitige und dann wiederholte Zufuhr von 20 – 25 g Protein in regelmäßigen Abständen nach dem Training die Muskelproteinsynthese am besten stimuliert (Gabe von 4 x 20 g Protein).
- Eine andere Studie²⁴ zeigte, dass eine kombinierte Zufuhr von 0,4 g Protein / kg Körpergewicht / Stunden und 1,2 g Kohlenhydrate / kg / Stunde nach einem Ausdauertraining, die besten Effekte auf die Muskelglykogen-Resynthese und Muskelproteinsynthese hat.

Krafttraining, Energiedefizit und erhöhte Proteinaufnahme:

Während eines Energiedefizites zur Reduktion des Körperfettanteils kommt es auch zum Verlust von fettfreier Körpermasse. Die Kombination von Krafttraining und erhöhter Proteinaufnahme von ca. 1,6 g Protein / kg Körpergewicht / Tag scheint ausreichend zu sein, um diesem Verlust von Muskelmasse entgegenzuwirken²⁵.

Empfohlene Protein-Zufuhr bei körperlichem Training:

TRAININGSART UND TRAININGSBELASTUNG	EMPFOHLENE PROTEIN-ZUFUHR	BEISPIEL FÜR 75 KG
AUSDAUERTRAINING AB CA. 3 STD WOCHE NETTOTRAININGSZEIT	≥ 1,2 g / kg KG / Tag	90 g / Tag
LEISTUNGSSPORTLICHES AUSDAUERTRAINING	1,6 – 1,7 g / kg KG / Tag	120 – 128 g / Tag
KRAFTTRAINING (TRAININGSAUFBAU)	1,5 – 1,7 g / kg KG / Tag	113 – 128 g / Tag
ZEITNAHE NACH DEM TRAINING	ca. 0,25 – 0,40 g / kg KG / Tag	ca. 19 – 30 g

Table 4. Empfohlene Protein-Zufuhr: Referenzen nach PHILLIPS 2014²⁶, McGLORY et al. 2017²⁷, CLOSE et al. 2016²⁸ und VAN VLIET et al. 2018²⁹; KG = Körpergewicht

Exkurs: Beispiel sportwissenschaftliche Beratung

Triathlet (ca. 27 Jahre): 78 kg; 1,83 m; Grundumsatz von 1.900 kcal; Beruf mit mittlerer körperlicher Aktivität (PAL = 1,6); Ausdauertraining von 8 Std. / Woche (Wochennettotrainingszeit); Krafttraining von 0,75 Std., durchschnittlicher Gesamt-Tages-Energieumsatz von 3. 900 kcal

Energiezufuhr und Aufteilung der Makronährstoffe an einem Trainingstag (ca. 1,5 Std Laufen bei mittlerer Intensität, Gesamt-Tages-Energieumsatz von 4.050 kcal):

	KOHLHYDRATE	PROTEIN	FETT
G / KG KÖRPERGEWICHT	7,5 g	1,6 g	1,8 g
BEI 78 KG	585 g	125 g	138 g
ENERGIEPROZENT & -ANTEIL	58 % (2.340 kcal)	12 % (500 kcal)	30 % (1.210 kcal)

Table 5. Beispiel Ernährungsempfehlung: Quelle: Skript „molekular-physiologische Aspekte der Sporternährung“ 2019 von Mag. Dr. Oliver Neubauer

Exkurs: train low, compete high³⁰

Der Füllungsstatus der Glykogenspeicher beeinflusst trainingsbedingte Aktivierung von Signalwegen (z.B: AMPK, PGC-1 α) in der Muskulatur. Einige Studien zeigen teilweise verstärkte Trainingsanpassungen bei gelegentlichem Training im Glykogenmangel. Vor allem bei Untrainierten bzw. Anfängern kommt es verstärkt zu molekularen Anpassungen und einer deutlicheren Leistungssteigerung³¹.

- *Train low* bedeutet nicht eine chronisch niedrige Kohlenhydrat-Zufuhr
- Sondern: individuell angepasstes, periodisiertes Integrieren einzelner *train low* Einheiten ins Grundlagen-Ausdauertraining
- Oder morgendliches Nüchterntraining (vermindertes Leberglykogen) oder zweite Trainingseinheit nach moderater Kohlenhydrat-Zufuhr (vermindertes Muskelglykogen)
- Mögliche Relevanz bei Leistungssportlichem Ausdauertraining
- Zusätzliche Leistungsverbesserungen bei Trainierten schwieriger zu erzielen.
- Ungeeignet für Trainingseinheiten mit höherer Intensität
- Wichtig: Empfehlungen der täglichen Kohlenhydrat-Zufuhr bleiben gültig

Beispiel Modell für periodisierte Kohlenhydrat-Zufuhr im Leistungssport:

Training Session	CHO Feeding Schedule			
	Pre-Training Meal	During Training	Post-Training Meal	Evening Meal
Day 1: 4-6 hours high-intensity session consisting of multiple intervals >lactate threshold	HIGH	HIGH	HIGH	LOW
Day 2: 3-5 hours low-intensity steady state session at intensity < lactate threshold	LOW	LOW	HIGH	HIGH
Day 3: 3 hours high-intensity session consisting of multiple intervals > lactate threshold.	HIGH	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
Day 4: < 1 hour recovery session at intensity <lactate threshold	LOW	LOW	HIGH	HIGH

Tabelle 6. Periodisierte Kohlenhydrat-Zufuhr: Das Modell basiert auf einen Elite-Ausdauersportler (z. B. Rennradfahrer), der an vier aufeinander folgenden Tagen einmal täglich trainiert³².

Exkurs: Protein-Turnover

Wenn ältere Proteine abgebaut werden, müssen sie ersetzt werden (Proteinsynthese). Dieses Konzept wird als *Protein-Turnover* bezeichnet und verschiedene Arten von Proteinen weisen sehr unterschiedliche *Turnover*-Raten auf. Ein Gleichgewicht zwischen Proteinsynthese und Proteinabbau ist für eine gute Gesundheit und einen normalen Proteinstoffwechsel erforderlich. Mehr Synthese als Abbau zeigt einen anabolen Zustand an, der mageres Gewebe aufbaut, wohingegen mehr Abbau als Synthese einen katabolen Zustand anzeigt, der mageres Gewebe „verbrennt“³³.

Literatur

1. Loon, L. J. C. Van. Use of intramuscular triacylglycerol as a substrate source during exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* **97**, 1170–1187 (2004).
2. Jeukendrup, A. E., Saris, W. H. M. & Wagenmakers, A. J. Fat Metabolism During Exercise : A Review II: Regulation of metabolism and the effects of training. *Int. J. Sports Med.* **19**, 293–302 (1998).
3. Sylow, L., Kleinert, M., Richter, E. A. & Jensen, T. E. Exercise-stimulated glucose uptake — regulation and implications for glycaemic control. *Nat. Publ. Gr.* **13**, 133 (2017).
4. Burke, L. M., Loon, L. J. C. Van & Hawley, J. A. Recovery from Exercise Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *J. Appl. Physiol.* **122**, 1055–1067 (2017).
5. Jentjens, R. L. P. G. *et al.* Exogenous carbohydrate oxidation rates are elevated after combined ingestion of glucose and fructose during exercise in the heat. *J. Appl. Physiol.* **100**, 807–816 (2006).
6. Jeukendrup, A. A Step Towards Personalized Sports Nutrition : Carbohydrate Intake During Exercise. *Sport. Med.* **44**, 25–33 (2014).
7. Burke, L. M. *et al.* Carbohydrates for training and competition Carbohydrates for training and competition. **19**, 17–27 (2011).
8. Achten, J. & Jeukendrup, A. E. Maximal Fat Oxidation During Exercise in Trained Men. *Int. J. Sport. Med.* **24**, 603–608 (2003).
9. Talanian, J. L., Galloway, S. D. R., Heigenhauser, G. J. F., Bonen, A. & Spriet, L. L. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J. Appl. Physiol.* **102**, 1439–1447 (2007).
10. Montero, D., Edin, F., Madsen, K. & Lundby, C. Sexual dimorphism of substrate utilization : Differences in skeletal muscle mitochondrial volume density and function. *Exp. Physiol.* **103**, 851–859 (2018).
11. Durstine, J. L. *et al.* Blood Lipid and Lipoprotein A Quantitative Analysis. **31**, 1033–1062 (2001).
12. Bergman, B. C. *et al.* Intramuscular triglyceride synthesis : importance in muscle lipid partitioning in humans. *Am. J. Physiol. Metab.* **314**, 152–164 (2018).
13. Jeukendrup, A. E. & Randel, R. Fat Metabolism Fat burners : nutrition supplements that increase. *Obes. Rev.* **12**, 841–851 (2011).
14. Stephens, F. B., Constantin-teodosiu, D. & Greenhaff, P. L. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. *J. Physiol.* **581**, 431–444 (2007).
15. Hawley, J. A. Fat Adaptation Science : Low- Carbohydrate , High- Fat Diets to Alter Fuel Utilization and Promote Training Adaptation. *Sport. Nutr. More Than Just Calories-Triggers Adapt.* **69**, 59–77 (2011).
16. Hawley, J. A. & Burke, L. M. Carbohydrate Availability and Training Adaptation : Effects on Cell Metabolism. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **38**, 152–160 (2010).
17. Burd, N. A., Tang, J. E., Moore, D. R. & Phillips, S. M. Exercise training and protein metabolism : influences of contraction , protein intake , and sex-based differences. *J. Appl. Physiol.* **106**, 1692–1701 (2009).
18. Burd, N. A., Gorissen, S. H. & Loon, L. J. C. Van. Anabolic Resistance of Muscle Protein Synthesis with Aging. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **41**, 169–173 (2013).
19. Tang, J. E. & Phillips, S. M. Maximizing muscle protein anabolism : the role of protein quality. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* **12**, 66–71 (2009).
20. Moore, D. R. *et al.* Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men 1 – 3. *Am. J. Clin. Nutr.* **89**, 161–168 (2009).
21. West, D. W. D. *et al.* Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* **94**, 795–803 (2011).
22. Pennings, B., Beelen, M., Senden, J. M. G., Saris, W. H. M. & Loon, L. J. C. Van. Exercising before protein intake allows for greater use of dietary protein – derived amino acids for de novo muscle protein synthesis in both young and elderly men. *Am. J. Clin. Nutr.* **93**, 322–331 (2011).

23. Areta, L. *et al.* Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J. Physiol.* **591**, 2319–2331 (2013).
24. Howarth, K. R., Moreau, N. A., Phillips, S. M. & Gibala, M. J. Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *J. Appl. Physiol.* **106**, 1394–1402 (2009).
25. Pasiakos, S. M., Lieberman, H. R. & Mclellan, T. M. Effects of Protein Supplements on Muscle Damage , Soreness and Recovery of Muscle Function and Physical Performance : A Systematic Review. *Sport. Med.* **44**, 655–670 (2014).
26. Phillips, S. M. A Brief Review of Higher Dietary Protein Diets in Weight Loss : A Focus on Athletes. *Sport. Med.* **44**, 149–153 (2014).
27. Mcglory, C., Devries, M. C. & Phillips, S. M. Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling. *J. Appl. Physiol.* **122**, 541–548 (2017).
28. Close, G. L., Hamilton, L., Philp, A. & Burke, L. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic. Biol. Med.* **98**, 144–158 (2016).
29. Vliet, S. Van, Beals, J. W., Martinez, I. G., Skinner, S. K. & Burd, N. A. Achieving Optimal Post-Exercise Muscle Protein Remodeling in Physically Active Adults through Whole Food Consumption. *Nutrients* **10**, 224 (2018).
30. Gejl, K. D. *et al.* Changes in metabolism but not myocellular signaling by training with CHO-restriction in endurance athletes. *Physiol. Rep.* **6**, 1–13 (2018).
31. Philp, A., Hargreaves, M. & Baar, K. Intracellular Signal for Skeletal Muscle Adaptation More than a store : regulatory roles for glycogen in skeletal muscle adaptation to exercise. *Am. J. Physiol. Metab.* **302**, 1343–1351 (2012).
32. Impey, S. G. *et al.* Fuel for the Work Required : A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sport. Med.* **48**, 1031–1048 (2018).
33. Toyama, B. H. & Hetzer, M. W. Protein homeostasis : live long , won ' t prosper. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* **14**, 55–61 (2013).