

Diabetologie und Stoffwechsel

Supplement

S2

Dezember 2025
Seite S109–S464
20. Jahrgang

This journal is listed in
Science Citation Index,
EMBASE and SCOPUS

Offizielles Organ
der Deutschen
Diabetes Gesellschaft

DDG Deutsche
Diabetes
Gesellschaft

PRAXISEMPFEHLUNGEN DDG

CLINICAL PRACTICE RECOMMENDATIONS

**Praxisempfehlungen
der Deutschen
Diabetes Gesellschaft**

*Herausgegeben von
M. Kellerer
K. Müssig
im Auftrag der DDG*

▪ Aktualisierte Version 2025

 **Thieme**

Empfehlungen zur Ernährungsprävention des Typ-2-Diabetes mellitus

Autorinnen/Autoren

Thomas Skurk^{1*}, Arthur Grünerbel², Sandra Hummel^{3*}, Stefan Kabisch⁴, Winfried Keuthage⁵, André Kleinridders⁶, Karsten Müssig⁷, Helmut Nussbaumer⁸, Diana Rubin^{9, 10}, Marie-Christine Simon¹¹, Astrid Tombek¹², Katharina S. Weber¹³, für den Ausschuss Ernährung der DDG

Institute

- 1 ZIEL – Institute for Food & Health, Core Facility Humanstudien, Technische Universität München, Freising, Deutschland
- 2 Diabeteszentrum München Süd, München, Deutschland
- 3 Institut für Diabetesforschung, Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, München-Neuherberg, Deutschland
- 4 Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke, Potsdam, Deutschland
- 5 Schwerpunktpraxis für Diabetes und Ernährungsmedizin, Münster, Deutschland
- 6 Molekulare und Experimentelle Ernährungsmedizin, Universität Potsdam, Nuthetal, Deutschland
- 7 Klinik für Innere Medizin, Gastroenterologie und Diabetologie, Niels-Stensen-Kliniken, Franziskus-Hospital Harderberg, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Münster, Georgsmarienhütte, Deutschland
- 8 Diabetologikum Burghausen, Burghausen, Deutschland
- 9 Vivantes Klinikum Spandau, Berlin, Deutschland
- 10 Vivantes Humboldt Klinikum, Berlin, Deutschland
- 11 Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Deutschland
- 12 Diabetes-Klinik Bad Mergentheim, Bad Mergentheim, Deutschland

13 Institut für Epidemiologie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

eingereicht 26.6.2025

akzeptiert 11.8.2025

Bibliografie

Diabetol Stoffwechs 2025; 20: S407–S418

DOI 10.1055/a-2592-9481

ISSN 1861-9002

© 2025, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50, 70469 Stuttgart, Germany

Zitierweise für diesen Artikel Diabetol Stoffwechs 2025; 20: S407–S418. DOI:10.1055/a-2592-9481

Dieser Beitrag ist eine aktualisierte Version und ersetzt den folgenden Artikel: Skurk T, Grünerbel A, Hummel S et al. Empfehlungen zur Ernährungsprävention des Typ-2-Diabetes mellitus. Diabetol Stoffwechs 2024; 19: S416–S426.

DOI: 10.1055/a-2312-0058

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Thomas Skurk
ZIEL – Institute for Food & Health, Technische Universität, München, Gregor-Mendel-Straße 2, 85354 Freising, Deutschland
skurk@tum.de

Aktualisierungshinweis

Die DDG-Praxisempfehlungen werden regelmäßig zur zweiten Jahreshälfte aktualisiert. Bitte stellen Sie sicher, dass Sie jeweils die neueste Version lesen und zitieren.

Neuerung 3: Inverse Assoziation zwischen EAT-Lancet-Ernährungsmuster kardiovaskulären Erkrankungen und Krebs.
Stützende Quellenangabe: [13]

INHALTLICHE NEUERUNGEN GEGENÜBER DER VOR-JAHRESFASSUNG

Neuerung 1: Hinweis auf das attributable Risiko für Diabetes durch eine suboptimale Ernährung in 184 Ländern.

Stützende Quellenangabe: [2]

Neuerung 2: Neue Studien zur Adhärenz der Planetary Health Diet und einem geringeren T2Dm-Risiko.

Stützende Quellenangabe: [12]

Präambel

Die vorliegenden Praxisempfehlungen befassen sich nahezu ausschließlich mit Ernährungsthemen. Bei der Komplexität möglicher Ernährungsweisen, welche unterschiedliche Biografien, Vorlieben und Aversionen abbilden, ist die möglichst individuelle Beratung, wie sie vom Ausschuss für Ernährung der DDG in den Praxisempfehlungen zur Ernährungstherapie des Typ-2-Diabetes mellitus (T2Dm) gefordert wird [1], eine besondere Herausforderung. Ziel der Arbeit ist die Primärprävention. Diese Praxisempfehlungen

* Für die Arbeitsgruppe Diabetes & Schwangerschaft der DDG.

fassen die umfangreiche, teils heterogene Datenlage zu den unterschiedlichsten Aspekten der Ernährung zusammen, die im Kontext einer Diabetesprävention in der internationalen Literatur zu finden sind. Die jährliche Aktualisierung ermöglicht es, die publizierte Literatur im Auge zu behalten und kontinuierlich weitere Themen aufzugreifen.

Lebensstilintervention

Ernährung allgemein

EMPFEHLUNG

- Empfehlungen zu Veränderungen im Lebensstil sind dann angezeigt, wenn ein Ernährungsmuster ein erhöhtes Risiko für T2Dm vermuten lässt.
- Empfehlungen zur Überprüfung des Ernährungsverhaltens sind dann angezeigt, wenn ein familiäres Risiko für T2Dm vorliegt.
- Ernährungsumstellung allein hat bereits ohne strukturiertes Bewegungsprogramm einen positiven Effekt auf das Diabetesrisiko.

Kommentar

Das Risiko, aufgrund einer suboptimalen Ernährung an T2Dm zu erkranken, ist in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern am höchsten (5091 Fälle/Million Einwohner) [2]. Änderungen im Lebensstil wirken sich aber positiv auf die Krankheitslast aus [3] und verzögern das Auftreten eines T2Dm auch nach Absetzen der Maßnahmen [4]. Dabei wurde eine number needed to treat (NNT) von 25 errechnet, um einen Diabetes zu verhindern. Eine Bewegungstherapie ohne begleitende Ernährungstherapie, scheint nur in vereinzelt Studien einen signifikanten Effekt auf die Risikoreduktion zu erbringen [5]. Während eine Ernährungsintervention einen Diabetes bereits zu 32% verringern kann, ist die Kombination beider Strategien mit 41% noch effektiver [5]. Kalorien haben unabhängig von den Makronährstoffen in der Diskussion um die Prävention der Adipositas einen besonderen Stellenwert [6]. Spezielle Ernährungsformen mit der Bevorzugung bestimmter Makronährstoffe sind somit fraglich.

Im Januar 2019 publizierte die EAT-Lancet Commission mit der „Planetary Health Diet (PHD)“ eine gesundheitsförderliche Referenzernährung für die gesamte Weltbevölkerung mit dem Ziel, die globalen Nahrungssysteme neu auszurichten, die ökologische Nachhaltigkeit zu verbessern und die menschliche Gesundheit zu fördern [7]. Ernährungsmuster mit kalorienreichen, stark verarbeiteten Lebensmitteln (LM) und große Mengen an tierischen Produkten ist nicht nachhaltig, da die derzeitige Lebensmittelproduktion Klimawandel, Verlust der biologischen Vielfalt, Umweltverschmutzung und drastische Veränderungen in der Land- und Wassernutzung bedingt [8]. Hingegen zeichnet sich das von der EAT-Lancet Commission empfohlene Ernährungsmuster aus durch eine Vielzahl hochwertiger pflanzlicher Lebensmittel und geringen Mengen an tierischen Lebensmitteln, raffiniertem

Getreide, zugesetztem Zucker und ungünstigen Fetten. Die konsequente Umsetzung dieser Vorgaben würde nicht allein die Bereitstellung einer qualitativ hochwertigen Ernährung, sondern auch Nachhaltigkeit und eine Kostenersparnis ermöglichen [9, 10]. Zudem ist die PHD so konzipiert, dass sie flexibel an lokale und individuelle Begebenheiten, Traditionen und Ernährungsvorlieben angepasst werden kann [7]. Die grundsätzlich kommunizierten globalen PHD-Verzehrempfehlungen für die insgesamt ca. 15 Lebensmittelgruppen sind berechnet für einen Referenz-Energiebedarf von 2500 kcal/Tag. Für individuell niedrigere bzw. höhere Energiebedarfe gelten entsprechend angepasste Zufuhrempfehlungen [6]. Damit ähnelt die PHD den Orientierungswerten der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE). Unterschiede bestehen allerdings in den globalen versus der deutschlandspezifischen Ausrichtung sowie in den empfohlenen Mengen an Milch und Milchprodukten.

Während die PHD maximal 500 g Milchäquivalent pro Tag vorsieht, geben die Orientierungswerte der DGE eine Spanne von 596–728 g/Tag an, infolge der Verwendung unterschiedlicher Grundlagen für eine ausreichende Kalziumzufuhr [11].

In der multizentrischen, prospektiven European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Studie mit nahezu 500 000 Teilnehmern ergaben sich Assoziationen von Treibhausgasemissionen und Landnutzung sowohl mit Gesamt mortalität als auch Krebsinzidenzraten. Abhängig von dem Grad der Adhärenz gegenüber der PHD könnte in einem Zeitraum von 20 Jahren 19 bis 63% der Todesfälle und 10 bis 39% der Krebserkrankungen verhindert werden [12]. In einer Metaanalyse von sieben Studien war eine höhere PHD-Adhärenz mit einem geringeren T2Dm-Risiko vergesellschaftet [12]. Eine weitere Metaanalyse von 28 Veröffentlichungen, die insgesamt über 2,21 Millionen Teilnehmer umfassten, bestätigte diesen Zusammenhang und ergab zudem eine inverse Assoziation zwischen der Einhaltung des EAT-Lancet-Ernährungsmusters und dem Auftreten von kardiovaskulären Erkrankungen und Krebs sowie Mortalität [13].

Rolle der Gewichtsreduktion

EMPFEHLUNG

- Bei Vorliegen von Übergewicht/Adipositas und Prädiabetes ist eine Gewichtsreduktion anzustreben.
- Eine Gewichtsabnahme von 10% bei Hochrisikopersonen mit Prädiabetes beugt einem späteren Diabetes vor.
- Geeignete Ernährungsinterventionen der Gewichtskontrolle umfassen eine Reduktion von Kalorien, Kohlenhydraten und gesättigten Fetten sowie eine Steigerung von Ballaststoffen (BM) und pflanzlichen Proteinen.

Kommentar

Im Jahre 2021 waren etwa 60% der Erwachsenen laut Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) in Deutschland übergewichtig oder adipös [15]. Bei knapp etwa einem Viertel der erwachsenen Deutschen besteht eine Adipositas [16]. Mit Lebensstilveränderungen, medikamentösen Therapien und bariatrischen chirurgischen Eingriffen stehen verschie-

dene Therapieoptionen bei der Behandlung der Adipositas zur Verfügung. Unabhängig vom therapeutischen Ansatz beugt eine Gewichtsabnahme von 10% bei Hochrisikopersonen mit Prädiabetes [17, 18] oder metabolischem Syndrom [19] einem späteren Diabetes vor. Dabei geht die Verbesserung der Nüchternblutglukose direkt mit dem Ausmaß des Gewichtsverlusts einher [20]. Drei große randomisierte klinische Studien, das Diabetes Prevention Program (DPP) [18], die Finnish Diabetes Study und die Da Qing IGT and Diabetes Study haben eindrucksvoll die Wirksamkeit einer Lebensstil-/Verhaltenstherapie zur Prävention des T2Dm belegt. Nach vier Jahren war das Diabetesrisiko in der finnischen Studie um 58% reduziert. Nicht nur die Kombination aus einer Ernährungs- und Bewegungsintervention, sondern auch die einzelnen Komponenten konnten das Diabetesrisiko um bis zu 46% nach sechs Jahren senken [20]. Im DPP reduzierte jedes verlorene Kilogramm (bis zu 10 kg) das T2Dm-Risiko um 16% unabhängig von Ethnizität, Geschlecht, Alter oder initialer Ausprägung der Adipositas [21]. Im 10-Jahres-Follow-up des DPP war die kumulative T2Dm-Inzidenz in der Lebensstil-Behandlungsgruppe immer noch um 34% reduziert, obwohl sich die BMI-Werte in den Behandlungsgruppen angeglichen hatten. Auf der Grundlage dieser Studienergebnisse empfiehlt ein Konsensus-Report der American Diabetes Association (ADA) eine Reduktion von 7 bis 10% des initialen Körpergewichts und dessen Erhalt, um eine Progression vom Prädiabetes zum T2Dm zu verhindern [22]. Ein solcher Gewichtsverlust lässt sich nach sechs Monaten durch ein Kaloriendefizit von 500 bis 1000 kcal pro Tag erreichen [23]. Besonders kalorienarme Diäten (engl. very low-calorie diets, VLCD) mit weniger als 800 kcal pro Tag werden im Allgemeinen nicht empfohlen, da sie zwar mit einem Gewichtsverlust von 15 bis 20% innerhalb von 4 Monaten einhergehen können, allerdings nicht zu einem größeren Gewichtsverlust im längerfristigen Verlauf führen und ein höheres Risiko für Komplikationen, wie etwa Gallensteine, aufweisen im Vergleich zu kalorienarmen Diäten (engl. low-calorie diets, LCD) [24]. Ein Gewichtsverlust kann durch verschiedene Ernährungsformen, wie z. B. Low-Carb, Low-Fat oder mediterrane Kost erzielt werden, wobei kein Ansatz den anderen im längerfristigen Verlauf überlegen zu sein scheint [25]. Erfolgsversprechende Diätansätze haben eine verminderte Aufnahme von Kalorien, Kohlenhydraten und gesättigten Fetten und eine gesteigerte Aufnahme von Ballaststoffen und insbesondere pflanzlichen Proteinen gemeinsam [22]. Insgesamt sollte die Wahl des Ernährungsmusters und der Zusammensetzung der Makronährstoffe individuell auf die Patientenpräferenzen und seine Lebensbedingungen zugeschnitten werden, unter Berücksichtigung seines Lebensstils, (Ernährungs-)Gewohnheiten, Vorlieben und Stoffwechselzielen. Der Erfolg eines Diabetes-Präventionsprogramms sollte nach einem Monat evaluiert werden und Menschen, die nur langsam Gewicht verlieren, eine Intensivierung der Maßnahmen angeboten werden [26].

Aktuelle Arbeiten legen nahe, dass digitale Diabetes-Präventionsprogramme (dDPP) vielversprechende Ansätze in der Diabetesprävention darstellen und relevante Kostenersparnisse im Gesundheitssystem ermöglichen [27]. Eine Metaanalyse von 33 Studien mit mehr als 14 000 Teilnehmern ergab, dass dDPP bei Menschen mit Prädiabetes zu signifikanten Veränderungen des Körpergewichts und anderer sekundärer Endpunkte führen

können [28]. Vollständige dDPP bieten sich vor allem für Menschen mit Prädiabetes in unterversorgten Gegenden an, in denen die Bewohner ansonsten keinen Zugang zu herkömmlichen Programmen haben [29]. Die Interaktion mit dem Gesundheitstrainer, körperliche Aktivität, Mahlzeiteneingabe und regelmäßiges Wiegen sind signifikante Prädiktoren für einen Gewichtsverlust [30, 31]. Das Vorliegen einer psychiatrischen Erkrankung schränkt allerdings die Effektivität eines dDPP ein [32]. In Deutschland sind solche Programme jedoch bisher ohne Diagnose nicht verordnungsfähig. Für die Indikation Adipositas gibt es jedoch telemedizinische Anwendungen (siehe unten). Jedoch sieht das Präventionsgesetz die Durchführung von präventivmedizinischen Maßnahmen seitens der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) vor, die dafür finanzielle Mittel bereitstellt. Im Sozialgesetzbuch (SGB) Fünftes Buch (V) – Gesetzliche Krankenversicherung – § 20 „Primäre Prävention und Gesundheitsförderung“ berücksichtigt Absatz 3, Satz 1 dabei ausdrücklich die Diabetesprävention als Gesundheitsziel: „Diabetes mellitus Typ 2: Erkrankungsrisiko senken, Erkrankte früh erkennen und behandeln“ (Artikel 1 des Gesetzes v. 20. Dezember 1988, BGBl. I S. 2477).

Diese Maßnahmen werden bisher jedoch leider kaum genutzt. Daher sollte seitens der Ärzteschaft bei Risikogruppen (Übergewicht, familiäres Risiko, Z. n. Gestationsdiabetes etc.) die Ausstellung einer „ärztlichen Empfehlung zur verhaltensbezogenen Primärprävention nach § 20 Abs. 5, SGB V“ erfolgen (Muster 36). Dieses ist zwar keine Voraussetzung für die Teilnahme an entsprechenden Kursen, kann aber zur Motivation der Patienten beitragen. Gesetzliche Krankenkassen übernehmen in der Regel einen Großteil der für die Kurse anfallenden Kosten.

Bedeutung der Ernährung in der Telemedizin für die Prävention

EMPFEHLUNG

- Telemedizin kann die Adhärenz für Gewichtsreduktionsprogramme und die Erreichbarkeit erhöhen.
- Telemedizinische Anwendungen können die Umsetzung von Verhaltensmodifikationen unterstützen, die bei der Prävention des T2Dm empfohlen werden.

Kommentar

Telemedizin bezeichnet den Einsatz audiovisueller Kommunikationstechnologien zum Zweck von Diagnostik, Konsultation und medizinischen Notfalldiensten [33]. Im Rahmen des DMP (Disease Management Program) für Adipositas-Patienten kann sich die Telemedizin als positiv erweisen.

Im Rahmen eines telemedizinischen Programms werden therapeutisch relevante Daten (z. B. Blutglukosespiegel, Körpergewicht, Blutdruck, Lipidparameter) dem Fachpersonal übermittelt, woraufhin der Patient eine Rückmeldung erhält. Dabei wird zwischen einer telemedizinischen Therapie via Textnachrichten/E-Mail und per Telefon/Videokonferenz unterschieden.

Für Deutschland wurden in einer randomisierten, kontrollierten Studie von Kempf et al. beim 1-Jahres-Follow-up in der telemedizinisch betreuten Gruppe vs. Standardtherapie ein um 0,6 % niedrigerer HbA_{1c}-Wert und eine um 5 kg größere Gewichtsreduktion berichtet [34].

Telemedizinische Anwendungen können von Ärzten und Psychotherapeuten verordnet und von den gesetzlichen Krankenkassen erstattet werden, wenn sie als sog. Digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA) in das BfArM-Verzeichnis aufgenommen sind. Einen Überblick kann man direkt über die Seite des BfArM erhalten (<https://diga.bfarm.de/de>).

Die DiGA Zanadio und Oviva Direkt mit der Indikation Adipositas (Body-Mass-Index (BMI) 30–40 kg/m²) sind bereits dauerhaft in das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM)-Verzeichnis aufgenommen. Beide arbeiten auf der Basis der Leitlinienempfehlungen zur Therapie der Adipositas und unterstützen eine konservative Adipositas-therapie bestehend aus Bewegung, Ernährung und Verhaltensänderung. Eine weitere DiGA Oviva Direkt zielt ebenfalls auf Patienten mit Adipositas ab.

Ein Beispiel für eine telemedizinische Anwendung – allerdings nicht als DiGA zugelassen – ist das Telemedizinische Lebensstil-Interventions-Programm TeLiPro. Bei diesem Programm wird den Patienten eine App zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe Lebensstilaktivitäten beobachtet und überwacht (Monitoring) werden. Dazu werden Bluetooth-kompatible Blutglukosemessgeräte, Waagen, Blutdruckmessgeräte und Schrittzähler genutzt. Es wurde gezeigt, dass die Interventionsgruppe eine deutliche Senkung des HbA_{1c}-Werts aufwies $-1,1 \pm 1,2\%$ vs. $-0,2 \pm 0,8\%$ ($P < 0,0001$) in der Kontrollgruppe. Außerdem konnte eine Reduktion des Gewichts verzeichnet werden (TeLiPro $-6,2 \pm 4,6$ kg vs. Kontrolle $-1,0 \pm 3,4$ kg, BMI ($-2,1 \pm 1,5$ kg/m² vs. $-0,3 \pm 1,1$ kg/m²) [34, 35].

Erkenntnisse über Lebensmittelgruppen

Früchte und Gemüse

EMPFEHLUNG

- Eine regelmäßige Zufuhr von 200 bis 300 g Obst und Gemüse pro Tag senkt das Typ-2-Diabetes-Risiko deutlich.

Kommentar

Kohortenstudien belegen, dass eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Obst- und Gemüseaufnahme und dem Risiko für T2Dm besteht [36]. Für das relative Risiko (RR) für einen hohen gegenüber niedrigem Verzehr von Obst und Gemüse (zusammengerechnet) und 200 g/Tag 0,93 (95% CI: 0,89 bis 0,98, I² = 0%, n = 10 Studien) und 0,98 für Obst und Gemüse zusammen, 0,93 und 0,96 für Obst bzw. 0,95 und 0,97 für Gemüse. Bei einer Zufuhr von 300 g/Tag wurde eine Risikoreduktion von 14 % beobachtet, wobei bei einer Zufuhr oberhalb dieses Niveaus keine weitere Risikoreduktion zu verzeichnen war. Obstsorten wie Äpfel, Birnen, Blaubeeren, Weintrauben und Rosinen sind besonders geeignet, das Risiko zu vermindern.

Metaanalysen berechneten für grünes Blattgemüse besondere Vorteile in Bezug auf T2Dm. Pro verzehrter Portion Obst/Gemüse am Tag zeigte sich eine Risikoreduktion von 4 % [37].

Um zu untersuchen, inwieweit eine pflanzliche Ernährung auch bei T2Dm vorteilhaft sein kann, wurden von Satija et al. [38] die Daten der Nurses' Health Study (69949 Teilnehmer [TN]/weiblich [w]), Nurses' Health Study 2 (90239 TN/w) und die Health Profession Follow-up Study (40539 TN/männlich [m]) ausgewertet. Eine vegetarische Ernährung kann demnach das T2Dm-Risiko um bis zu 20 % mindern.

Leguminosen

EMPFEHLUNG

- Der regelmäßige Verzehr von Hülsenfrüchten wie Bohnen, Linsen und Erbsen kann das Risiko für T2Dm signifikant senken.
- Die ballaststoffreiche Ernährung durch den Verzehr von Leguminosen kann die Blutzuckerkontrolle verbessern und das Risiko von Insulinresistenz reduzieren.

Kommentar

Eine Übersichtsarbeit zu Hülsenfrüchten [39] ergab einen mittleren Verzehr von Bohnen und Hülsenfrüchten von 1,2 g/d (Norwegen) bis 122,7 g/d (Afghanistan). In Europa (33 Länder) war der Verzehr von Hülsenfrüchten bei weitem am niedrigsten, denn mehr als ein Drittel der Länder (36 %) verzeichnete eine Aufnahme von weniger als 10 g/Tag. Die Auswertung zu Hülsenfrüchten/Soja und T2Dm erfolgte von Pearce et al. [40]. Während der Nachbeobachtungszeit von 3,8 bis 25,0 Jahren wurden insgesamt 36750 klinisch auftretende T2Dm-Fälle (primäres Ergebnis) und 42473 auftretende T2Dm-Fälle (sekundäres Ergebnis) erfasst. Der Median der Gesamtaufnahme von Hülsenfrüchten reichte von 0 bis 140 g/d über alle Kohorten hinweg. Eine schwache positive Assoziation zwischen dem Gesamtverzehr von Hülsenfrüchten und T2Dm wurde beobachtet.

Die Ergebnisse der Untersuchung zur postprandialen blutzuckersenkenden Wirkung von Linsen von Papakonstantinou et al. [41] kommt zu dem Schluss, dass der Verzehr von Linsen die akute Blutzucker- und Insulinreaktionen im Vergleich zu stärkehaltigen Kontrollnahrungsmitteln konsequent senkt. Es wurde diskutiert, dass die kleinste wirksame Portion Linsen etwa 110 g (gekocht) beträgt, um die postprandiale Blutzuckerkonzentration um 20 % zu senken. Die Auswirkung von Hülsenfrüchten und Nüssen auf das T2Dm-Risiko wurde in einer systematischen Analyse [42] von 27 Arbeiten untersucht. Nüsse, regelmäßig konsumiert, reduzierten das Risiko um 13 %, wohingegen Hülsenfrüchte (geringere Studienzahl) neutraler abschnitten. Die Daten waren für koronare Herzkrankheit (KHK) in beiden LM-Gruppen eindeutig protektiv. Die Portionsgröße für Nüsse war mit 28 g und die für Hülsenfrüchte mit 100 g definiert.

Nüsse

EMPFEHLUNG

- Der regelmäßige Verzehr von Nüssen ist nachweislich mit gesundheitlichen Vorteilen verbunden.

Kommentar

Zu den möglichen Mechanismen, die eine schützende Wirkung von Nüssen erklären könnten, gehören die Senkung des Cholesterinspiegels, des Blutdrucks, die Verbesserung der Gefäßfunktion, des oxidativen Stresses im Körper sowie die antiinflammatorische Wirkung. Dies lässt sich vermutlich auf den Gehalt an ungesättigten Fetten, Antioxidantien und Polyphenolen in Nüssen zurückführen. Eine mit Nüssen angereicherte Ernährung zeigt, dass die postprandiale glykämische Reaktion auf kohlenhydrathaltige Mahlzeiten reduziert ausfällt, das Nüchterninsulin sinkt und die Insulinresistenz verringert wird, obwohl keine Auswirkungen auf den Nüchternblutzucker oder das glykierte Hämoglobin A1c (HbA_{1c}) festgestellt wurden [43].

Die Auswirkung des Nusskonsums (Mandeln, Cashews, Haselnüsse, Pecannüsse, Pistazien, Walnüsse oder Nussmischungen) auf Parameter des Metabolischen Syndroms wurden von Blanco et al. untersucht. Der Ersatz von Kohlenhydraten mit höherem GI durch Nüsse scheint nicht nur zur Blutzucker-Verbesserung, sondern auch zur Triglycerid-Senkung beizutragen. Es konnte außerdem ein gewichtsenkender Effekt ermittelt werden. Zudem reduzierte sich der Bauchumfang, wenn die Nüsse als Ersatz für Kohlenhydrate mit hohem GI verzehrt wurden [44]. Pro Woche 3-mal konsumiert, zeigten Nüsse zudem ein geringeres Adipositas- und T2Dm-Risiko [45]. Die American Heart Association (AHA) empfiehlt 5 Portionen Nüsse á 25 g/Woche. Die DASH-Kost (Dietary Approaches to Stop Hypertension) spricht ebenso eine klare Nussempfehlung aus.

Fleisch

Rotes Fleisch

EMPFEHLUNG

- Aus Interventionsstudien gibt es keine ausreichende Evidenz zur Überlegenheit von vegetarischer oder veganer Ernährung zur Diabetesprävention. Aus gesundheitlicher Sicht ist eine fleischarme Ernährung wahrscheinlich am besten präventiv für T2Dm wirksam. Aus tierethischen und ökologischen Gründen sollte der Fleischkonsum reduziert werden.
- High-Protein-Diäten und Low-Carb-Diäten sind hinsichtlich der Glykämie vorteilhaft bis möglicherweise überlegen. Als Eiweißquellen können auch tierische Quellen inkl. Fleisch herangezogen werden.
- Derzeit zeigt sich kein klarer Benefit rotes durch weißes Fleisch zu ersetzen, obwohl rotes Fleisch in epidemiologischen Studien mit einem erhöhten Diabetesrisiko verknüpft ist.

Kommentar

Eine höhere Zufuhr von Fleisch ist epidemiologisch neben einem erhöhten Risiko für T2Dm auch mit bestimmten Krebserkrankungen oder Koronarer Herzerkrankung (KHK) assoziiert. Für rotes Fleisch, vor allem in verarbeiteter Form, sind diese Beziehungen besonders ausgeprägt.

Viele randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) zum Austausch von Fleischsorten (rotes gegen weißes Fleisch) tragen ein ähnliches Confounding wie Beobachtungsstudien, da nur selten eine isolierte Substitution von rotem durch weißes Fleisch erfolgt ist. Es ist fraglich, ob sich durch Verzicht auf rotes Fleisch ein präventiver Effekt ergibt. Etwa 10 RCTs haben bislang rotes und weißes Fleisch in methodisch guter Gegenüberstellung miteinander verglichen; metabolische Unterschiede wurden hier nicht gefunden.

Der medizinischen Unsicherheit bezüglich eines gesundheitlichen Nutzens durch den Verzicht auf (rotes) Fleisch stehen eindeutige ökologische und tierethische Vorteile gegenüber [46].

Prozessiertes Fleisch

EMPFEHLUNG

- Hochverarbeitete Fleischprodukte sollten möglichst nicht verzehrt werden.

Kommentar

Gerade der intensive Verzehr verarbeiteter Fleischprodukte ist epidemiologisch mit T2Dm, KHK und Krebserkrankungen assoziiert. Residuelle Confounder könnten diese Effekte auch nach umfangreicher Adjustierung noch erklären.

In einem gesunden Ernährungsmuster sind verarbeitete Fleischprodukte entbehrlich, ohne generell auf tierische Produkte und Fleisch verzichten zu müssen. Dem wahrscheinlichen gesundheitlichen Vorteil steht keine relevante Einschränkung der Nahrungsauswahl und Lebensqualität gegenüber.

Getränke

Zuckergesüßte Getränke

EMPFEHLUNG

- Der Konsum von zuckergesüßten Getränken, inklusive Fruchtsäfte, sollte zur Prävention von T2Dm weitestgehend minimiert werden.
- Zuckergesüßte Getränke sollten durch Wasser ersetzt werden.
- Kalorienfrei gesüßte Getränke können als Alternative konsumiert werden.

Kommentar

Das Präventionspotenzial von T2Dm über Verhaltensänderungen wie Ernährungsgewohnheiten ist enorm hoch [47] und Studien belegen, dass durch Ernährungsumstellung und Gewichtsreduk-

tion eine deutliche Absenkung des Diabetesrisikos erzielt werden kann [18, 48–50]. Der zentrale Outcome-Parameter ist die Absenkung der Blutglukose, meist postprandial, ggf. auch bei den Nüchternwerten [47].

Es existieren klare Empfehlungen, den Konsum zuckergesüßter Getränke in allen Bevölkerungsgruppen aufgrund eines erhöhten Risikos zu reduzieren. Begründet wird dies mit einer Reduzierung der Gesamtkalorienzufuhr [51]. Zudem erhöht der mit zuckergesüßten Getränken verbundene hohe glykämische Index das Risiko, an T2Dm zu erkranken [52].

Die American Diabetes Association empfiehlt für eine Prävention des T2Dm eine Aufteilung der Makronährstoffe entsprechend der individuellen Therapieziele und Ernährungsmuster [53]. Hierfür wird eine Minimierung von verarbeiteten Lebensmitteln sowie der Ersatz von gesüßten Getränken durch Wasser (Evidenzgrad B der Leitlinie) genannt [22].

Der Einsatz von kalorienfreien Getränken dient der Reduktion der Gesamtkalorien- und Kohlenhydratzufuhr und wird unterstützt, sofern das Kaloriendefizit nicht durch den Konsum anderer Lebensmittel kompensiert wird (Evidenzgrad B). Daher können kalorienfrei gesüßte Getränke gewählt werden, sofern eine Alternative zu Wasser gewünscht wird und um den Verzicht ggf. zu erleichtern [53]. Auch der Ersatz eines zuckergesüßten Getränks durch Kaffee oder Tee senkt das T2Dm-Risiko [54]. Eine ideale prozentuale Angabe zur Reduktion der Kohlenhydrate zur Diabetesprävention kann nicht gemacht werden [53].

Eine generelle Empfehlung an die allgemeine Bevölkerung und insbesondere an Personen mit Prädiabetes sowie mit einem erhöhten Risiko an T2Dm zu erkranken, ist, zuckergesüßte Getränke zu reduzieren.

Alkohol

EMPFEHLUNG

- Moderater Alkoholkonsum hat in Beobachtungsstudien einen diabetespräventiven Effekt.
- Alkohol sollte grundsätzlich nur in Maßen konsumiert werden, da auch ein moderater Alkoholkonsum mit negativen gesundheitlichen Auswirkungen assoziiert sein kann.

Kommentar

Die maximal tolerierbare Alkoholfuhr für Gesunde wird mit 10 g/d für Frauen und 20 g/d für Männer angegeben. Der Konsum von Alkohol ist mit diversen gesundheitlichen Folgen assoziiert [55]:

1. J-förmige Assoziation:
 1. ischämische Herzkrankheit
 2. ischämischer Schlaganfall
 3. Diabetes mellitus
2. Positive Assoziation:
 1. Vorhofflimmern
 2. Pankreatitis, Leberzirrhose/chronische Lebererkrankungen
 3. diverse Krebserkrankungen

Detaillierte Ausführungen können aus der DDG-Praxisempfehlung „Psychosoziales und Diabetes“ von Kulzer et al. [56] nachgelesen werden.

Milchprodukte

EMPFEHLUNG

- Fettarme Milchprodukte sollten Bestandteil einer diabetespräventiven Ernährung sein.

Statement: Der Einfluss von Milchersatzprodukten auf das Diabetesrisiko bedarf weiterer Untersuchungen, auch wenn aus Nachhaltigkeitsaspekten ein verminderter Milchkonsum sinnvoll ist.

Kommentar

Epidemiologische Studien konnten einen negativen Einfluss von Milchprodukten auf die Entstehung von Erkrankungen wie Übergewicht und Herz-Kreislaufkrankungen widerlegen [57, 58]. Insbesondere für fettarme Milchprodukte wurde im Gegensatz dazu sogar eine Risikoverminderung für das metabolische Syndrom und Herz-Kreislaufkrankungen gezeigt [59–62]. Ebenso wurde eine Risikoverminderung für einen T2Dm gesehen [62–64].

Die vorteilhafte Wirkung von Milchprodukten auf das T2Dm-Risiko kann teilweise durch die Wirkung auf Einflussfaktoren der Krankheit, wie Körpergewicht [65] und Glukose-Homöostase [66] vermittelt werden.

Erkenntnisse über einzelne (isolierte) Nährstoffe

Süßungsmittel

EMPFEHLUNG

- Die Substitution von nutritiven durch nicht-nutritive Süßungsmittel innerhalb der akzeptablen Tagesdosis kann, besonders bei übergewichtigen und adipösen Personen, beim Gewichtsmanagement und der Diabetesprävention von Vorteil sein.
- Nicht-nutritive Süßungsmittel könnten im Rahmen einer akzeptablen Tagesdosis sicher verwendet werden.
- Der Verzehr von Süßungsmitteln kann nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit mit kardiometabolischen Folgen haben.

Kommentar

Systematische Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen zeigen, dass durch die Verwendung von Süßungsmitteln mit niedrigem Energiegehalt, zuckergesüßte Produkte ersetzt werden können, was, vor allem bei Personen mit Übergewicht/Adipositas, eine vorteilhafte Wirkung im Hinblick auf die Gewichtskontrolle und kardiometabolischen Risikofaktoren und damit auf die Präven-

tion des T2Dm zu haben scheint [67–69]. Einerseits scheinen Süßungsmittel keine Auswirkungen auf den Glukose- oder Insulinspiegel zu haben [70–72], können aber andererseits über indirekte Mechanismen unerwünschte Auswirkungen auf Körpergewicht, Glykämie, Adipogenese und das Darmmikrobiota haben [73]. Somit kann der Konsum von nicht-nutritiven Süßungsmitteln metabolische Veränderungen, insbesondere im Glukosestoffwechsel [74], eine verschlechterte glykämische Reaktion und einen Anstieg der Insulinsekretion begünstigen [75]. Eine kürzlich durchgeführte Meta-Analyse zeigte, dass eine Zunahme des Konsums von Getränken mit nicht-nutritiven Süßungsmitteln um eine Portion/Tag mit einem 13 %igen Anstieg des T2Dm-Risikos verbunden war [76].

Ballaststoffe

EMPFEHLUNG

- Ballaststoffe aus natürlichen Quellen sollten täglich verzehrt werden.
- Trotz geringer Evidenz für die Empfehlung von 30 g Ballaststoffen pro Tag (15 g/1000 kcal), stellt dies für die Beratung eine valide Zielgröße dar.
- Kohlenhydrate sollten bevorzugt aus ballaststoffreichen Lebensmitteln, insbesondere Vollkornprodukten, bezogen werden. Supplementation ist bislang nicht als wirksam belegt.
- Ballaststoffreiche Lebensmittel aus Getreide, aber auch Gemüse, Hülsenfrüchte und zuckerarmes Obst sind zur T2Dm-Prävention empfehlenswert und vermutlich vorteilhaft. Der Langzeitnutzen einer Supplementation ist trotz belegter Kurzeffekte für Glykämie, Lipidstatus und ggf. Blutdruck nicht erwiesen.

Kommentar

In Kohortenstudien ist eine hohe Zufuhr von unlöslichen BS, insbesondere cerealen Ursprungs, mit einem erniedrigten Risiko für T2Dm, KHK, Krebs und weiteren Erkrankungen verknüpft. Bei Patienten mit T2Dm sinkt dosisabhängig das Sterblichkeitsrisiko. Vollkornprodukte (Brot, Reis, Nudeln) sind daher eine protektive Lebensmittelgruppe. Ballaststoffreichere Ernährung und Ballaststoffsupplemente wirken sich selbst unter isokalorischen Bedingungen günstig auf Körpergewicht, Glykämie und Insulinresistenz, Lipidprofil und Entzündungsstatus, mitunter auch für den Blutdruck aus.

Ausgehend von einem durchschnittlichen Ernährungsmuster mit 20 Gramm Ballaststoffen wird eine Erhöhung um 15 Gramm auf 35 Gramm pro Tag angestrebt.

Lösliche Fasern werden in Supplementen umfangreich beforscht und vermarktet. Für Beta-Glukane, Inulin und Psyllium (Flohhsamen) sind kurz- bis mittelfristige (Wochen bis Monate) Vorteile für Blutglukose und Insulinresistenz beschrieben; Langzeit- und Präventionsdaten fehlen aber. Psyllium, Konjak-Glucomannan und β -Glukane senken ferner das LDL-Cholesterin und die Triglyzeridspiegel, während andere lösliche Fasern (Guar, Pektin) hierzu keine Evidenz liefern.

Protein

EMPFEHLUNG

- Wir empfehlen bei erhöhtem Diabetesrisiko eine Eiweißzufuhr von 10 bis 25 % der Nahrungsenergiemenge (%E) für Patienten unter 60 Jahren und 15 bis 25 % für Menschen über 60 Jahre bei intakter Nierenfunktion (glomeruläre Filtrationsrate [GFR] $>60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$) und Gewichtskonstanz.
- Bei eingeschränkter Nierenfunktion jeglicher Stadien ist eine Eiweißreduktion auf weniger als 0,8 g/kg Körpergewicht (KG) wahrscheinlich nicht von Vorteil und sollte aufgrund des Risikos für eine Malnutrition insbesondere bei höhergradiger Niereninsuffizienz vermieden werden.

Kommentar

Der minimale Eiweißbedarf zur Verhinderung von Mangelernährung und Sarkopenie liegt bei etwa 0,8 g/kg Körpergewicht oder 10 E%. Für ältere Menschen wird eine höhere Eiweißzufuhr von mindestens 1 g/kg KG/Tag empfohlen, um die altersbedingte schwächere Proteinverwertung auszugleichen.

Interventionsstudien zeigen günstige Effekte einer High-Protein-Diät bei Übergewichtigen ohne Diabetes. Die PREVIEW-Studie beobachtete keine Steigerung der Diabetesinzidenz oder anderer harter Outcomes unter dreijähriger proteinreicher ($>20\text{E}\%$) vs. konventioneller Ernährung.

Eine höhere Eiweißzufuhr verbessert die Sättigung und den Energieverbrauch durch postprandiale Thermogenese; beides fördert die Gewichtskontrolle. Ältere Menschen haben ein erhöhtes Risiko für Sarkopenie, weshalb für die Personengruppe – sofern nicht kontraindiziert – eine höhere Eiweißzufuhr angeraten ist.

Ernährungsstrategien zur Prävention

Pflanzenbasierte, vegetarische und vegane Ernährung

EMPFEHLUNG

- Eine pflanzenbasierte Ernährung, insbesondere, wenn sie gesunde pflanzenbasierte Lebensmittel wie Früchte, Gemüse, Vollkornprodukte, Hülsenfrüchte und Nüsse inkludiert, zeigt in Beobachtungsstudien einen diabetespräventiven Effekt.
- Auch vegane und vegetarische Ernährungsweisen sind mit einem reduzierten Risiko für die Entwicklung eines T2Dm assoziiert.
- Insgesamt ist die Evidenz gering und zeigt keine Überlegenheit einer pflanzenbasierten (inklusive vegetarisch/vegan) Ernährungsform hinsichtlich ihres diabetespräventiven Effektes (► **Tab. 1**).

► **Tab. 1** Definitionen der einzelnen pflanzenbasierten Ernährungsweisen. Daten nach [31].

Ernährungsweise	Beschreibung
pflanzenbasiert	hohe Zufuhr an pflanzenbasierten Produkten, geringe Zufuhr an Fleisch und/oder Produkten tierischer Herkunft
Pescovegetarisch	Verzicht auf Fleisch sowie alle daraus gewonnenen Produkte
Ovo-laktovegetarisch	Verzicht auf Fleisch, Fisch und andere Meerestiere sowie alle daraus gewonnenen Produkte
Laktovegetarisch	Verzicht auf Fleisch, Fisch und andere Meerestiere, Eier sowie alle daraus gewonnenen Produkte
Ovovegetarisch	Verzicht auf Fleisch, Fisch und andere Meerestiere, Milch und Milchprodukte sowie alle daraus gewonnenen Produkte
Semivegetarisch	Stark eingeschränkter Konsum von Fleisch, Fisch und anderen Meerestieren, aber kein vollständiger Verzicht auf diese Lebensmittel
vegan	Verzicht auf alle tierischen Lebensmittel

Kommentar

Für Lebensmittel und Nahrungsbestandteile pflanzlicher Herkunft wie Vollkornprodukte, BS, pflanzliche Fette und pflanzliches Protein besteht eine überzeugende Evidenz, dass deren Zufuhr invers mit dem Risiko für T2Dm assoziiert ist [77–80], während eine höhere Zufuhr an tierischen Lebensmitteln wie Fleisch (insbesondere rotes und prozessiertes Fleisch) und tierische Fette mit einem erhöhten Risiko für T2Dm assoziiert ist [77–80].

Pflanzenbasierte Ernährungsmuster

Ein systematischer Review und eine Meta-Analyse von neun prospektiven Kohortenstudien zeigt ein um 23% reduziertes Risiko für die Entstehung eines T2Dm mit einer höheren vs. einer geringeren Adhärenz zu einem pflanzenbasierten Ernährungsmuster. Dieser inverse Zusammenhang wurde stärker, wenn gesunde pflanzenbasierte Lebensmittel wie Früchte, Gemüse, Vollkornprodukte, Hülsenfrüchte und Nüsse im Ernährungsmuster inkludiert waren [81].

Vegetarische Ernährungsmuster

Eine vegetarische Ernährung im Vergleich zu Omnivoren war hier mit einem um 27% geringeren Risiko für einen T2Dm assoziiert [82]. Die Beweiskraft der Ergebnisse wurde jedoch nur als gering eingestuft [77].

Vegane Ernährungsmuster

Zusätzlich zu der ovo-lakto- und semi-vegetarischen Ernährung war auch eine vegane Ernährung im Vergleich zu den Omnivoren in der Adventist Health Study-2 vermutlich mit einem geringeren Risiko für einen T2Dm assoziiert [83]. Ein Umbrella-Review zum Zusammenhang zwischen einer veganen Ernährung und der Inzidenz des T2Dm zeigte, dass eine vegane Ernährung im Vergleich zu Omnivoren mit einem um 21% geringeren Risiko für einen T2Dm assoziiert war [84].

Mealtiming/Intervallfasten

EMPFEHLUNG

- Intervallfasten unterstützt die Gewichtskontrolle.
- Intervallfasten übt einen positiven Einfluss auf glykämische Parameter aus.
- Das Auslassen von Mahlzeiten (Meal skipping) kann nicht grundsätzlich zur Gewichtskontrolle und Diabetesprävention empfohlen werden.

Kommentar

Unter dem Begriff des Intervall- oder auch intermittierenden Fastens werden eine Reihe von Methoden zusammengefasst, die alle zum Ziel haben, die Kalorienaufnahme zu begrenzen. Die Einschränkungen der zeitlichen Nahrungsaufnahme unterstützt dabei, sich an feste Zeiten zu halten und dabei das individuelle Ernährungsverhalten weitgehend beizubehalten. ► **Tab. 2** fasst einige der am häufigsten verwendeten Intervallfastenmethoden zusammen.

Ernährung vor und während der Schwangerschaft zur Prävention des Gestationsdiabetes

EMPFEHLUNG

- Maßnahmen zur Risikoreduktion des Gestationsdiabetes (GDM) durch Ernährung, körperliche Aktivität bzw. Lebensstilberatung sollten bereits vor der Schwangerschaft bzw. im ersten Trimester durchgeführt werden.
- Geeignete Maßnahmen zur Reduktion des GDM-Risikos sollten darauf ausgerichtet sein, eine exzessive Gewichtszunahme während der Schwangerschaft zu vermeiden. Eine kombinierte Ernährungs- und Bewegungsintervention scheint den größten Effekt zu haben.
- Frauen mit einem erhöhten Risiko für GDM (definiert durch die präpartal zu erhebenden Variablen BMI, Ethnizität,

► **Tab. 2** Intervallfastenmethoden.

Bezeichnung	Intervention
16/8	Nahrung wird nur in einem Zeitfenster von 8 Stunden aufgenommen, die restlichen 16 Stunden des Tages wird gefastet.
5:2	Hierbei isst man an 5 Tagen der Woche normal und reduziert an den verbleibenden 2 Tagen die Kalorienzufuhr auf etwa 500–600 Kalorien pro Tag.
Alternate-Day-Fasten	Hier wechseln sich Fastentage mit normalen Tagen ab. An Fastentagen wird entweder kein Essen oder nur eine sehr geringe Kalorienmenge zu sich genommen.
24-Stunden-Fasten/eat-stop-eat	Bei dieser Methode wird 1- oder 2-mal pro Woche für 24 Stunden gefastet.

Alter, Parität, GDM und/oder Makrosomie in einer vorhergehenden Schwangerschaft) scheinen am meisten von einer Lebensstilintervention zu profitieren.

Kommentar

Verschiedene Studien zeigen, dass das Risiko für GDM durch Ernährung, körperliche Aktivität und Lebensstilberatung beeinflusst werden kann [85–87], insbesondere, wenn die Interventionsmaßnahmen bereits vor der Schwangerschaft stattfinden [88, 89].

Eine Übersichtsarbeit zu bereits publizierten Cochrane Reviews zum Thema „Interventionen zur Prävention des Gestationsdiabetes“ kam zu der Schlussfolgerung, dass eine kombinierte Ernährungs- und Bewegungsintervention während der Schwangerschaft im Vergleich zur Standard-Care das Risiko für GDM möglicherweise reduzieren kann (RR 0,85, 95% CI 0,71 bis 1,01) [87]. Dahingegen war eine isolierte Ernährungs- oder Bewegungsintervention nicht mit dem Risiko für Gestationsdiabetes assoziiert [87].

Es wurden im Rahmen von Studien vier Schlüsselaspekte identifiziert, die den Effekt von Lebensstilmaßnahmen modifizieren bzw. verbessern: 1. Einschluss von Frauen mit deutlich erhöhtem GDM-Risiko, 2. Beginn der Intervention bereits vor bzw. in der Frühschwangerschaft, 3. Intensität der Interventionsmaßnahme (in Bezug auf eine Reduktion der Energiezufuhr und Intensität der körperlichen Aktivität) und 4. Vermeidung einer exzessiven Gewichtszunahme während der Schwangerschaft [89]. Diese Studie zeigte des Weiteren, dass die Verwendung des BMIs allein keine geeignete Maßnahme darstellt, um das GDM-Risiko zu klassifizieren. Durch den Einschluss weiterer, nichtinvasiver Variablen (Ethnizität, Alter, Parität, GDM und/oder Makrosomie in einer vorhergehenden Schwangerschaft) und unter Verwendung bereits publizierter Prädiktionsmodelle [90] konnte die Risikoprädiktion deutlich verbessert werden. Bei Frauen mit GDM war eine exzessive Gewichtszunahme während der Schwangerschaft (definiert nach Institute of Medicine (IOM)-Kriterien) [91] mit einer häufigeren Insulinpflichtigkeit, einer höheren Insulindosis und einem höheren Risiko für eine large-for-gestational-age-Geburt assoziiert [92].

Einige RCTs untersuchten den Einfluss einer Vitamin- bzw. Mineralstoffsupplementierung während der Schwangerschaft auf das GDM-Risiko [87]. Während eine Supplementierung mit Omega-3-Fettsäuren nachweislich keinen Effekt auf das GDM-Risiko zeigte, ist die Datenlage für weitere Supplemente wie Vitamin D,

Myo-Inositol und Probiotika weniger homogen und zur Formulierung von Empfehlungen sind weitere Studien notwendig. Generell sollten Ernährungsempfehlungen während der Schwangerschaft zur Prävention eines GDM immer unter Berücksichtigung des erhöhten Bedarfs an einigen Mineralstoffen und Vitaminen formuliert werden (Referenzwerte der DGE) [93].

Ausblick „Precision nutrition“ und Diabetesprävention

EMPFEHLUNG

- Aufgrund der fehlenden Datengrundlage für eine Ernährung in Abhängigkeit des Genotyps kann dafür derzeit keine Empfehlung abgegeben werden.

Kommentar

Eine Ernährung zur Prävention eines T2Dm muss für eine bessere Adhärenz individuell sein. Aber auch die Nutrigenomik kann zur Prävention beitragen, indem sie sich mit Auswirkungen des Genotyps auf die Verstoffwechslung der Nahrungsmittel befasst. Bislang wurden eine Reihe von SNPs (single nucleotide polymorphisms) identifiziert, welche die metabolische Diversität der Antworten auf bestimmte Ernährungsinterventionen erklären könnten [94–96]. Diese genetischen Modifikationen können aber auch den Erfolg gewichtsreduzierender Therapien erklären und so das T2Dm-Risiko senken.

Interessenkonflikt

- T. Skurk: Honorar Vortragstätigkeit: Novo Nordisk.
A. Grünerbel: Honorare KV Bayern, Forschungsförderung durch BMG; Honorare: Lilly.
S. Hummel: keine.
S. Kabisch: Honorare und Reisekosten durch Sanofi, Berlin Chemie, Boehringer Ingelheim und Lilly; Reisekosten und Forschungsförderung durch J. Rettenmaier & Söhne, Holzmühle; weitere Forschungsförderung durch Beneo Südzucker und California Walnut Commission.
W. Keuthage: keine.
A. Kleinridders: Honorare Vortragstätigkeit: Novo Nordisk und Daiichi Sanyo.
K. Müssig: keine.
H. Nussbaumer: keine.

D. Rubin: Honorar Vortragstätigkeit: DGVS und Kaiserin-Friedrich-Stiftung.
 M.C. Simon: keine.
 A. Tombek: keine.
 K. S. Weber: keine.

Literatur

- [1] Skurk T, Bosity-Westphal A, Grünerbel A et al. Dietary recommendations for persons with type 2 diabetes mellitus. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2022; 130 (Suppl. 1): S151–S184
- [2] O'Hearn M, Lara-Castor L, Cudhea F et al. Incident type 2 diabetes attributable to suboptimal diet in 184 countries. *Nat Med* 2023; 29: 982–995
- [3] Benziger CP, Roth GA, Moran AE. The Global Burden of Disease Study and the Preventable Burden of NCD. *Global heart* 2016; 11: 393–397
- [4] Uusitupa M, Khan TA, Vigiouliou E et al. Prevention of Type 2 Diabetes by Lifestyle Changes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2019; 11: 2611
- [5] Haw JS, Galaviz KI, Straus AN et al. Long-term Sustainability of Diabetes Prevention Approaches: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. *JAMA Intern Med* 2017; 177: 1808–1817
- [6] Howell S, Kones R. "Calories in, calories out" and macronutrient intake: the hope, hype, and science of calories. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2017; 313: E608–E612
- [7] Willett W, Rockström J, Loken B et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019; 393: 447–492
- [8] Nelson ME, Hamm MW, Hu FB et al. Alignment of Healthy Dietary Patterns and Environmental Sustainability: A Systematic Review. *Adv Nutr* 2016; 7: 1005–1025
- [9] Poole MK, Musicus AA, Kenney EL. Alignment Of US School Lunches With The EAT-Lancet Healthy Reference Diet's Standards For Planetary Health. *Health Aff (Millwood)* 2020; 39: 2144–2152
- [10] Goulding T, Lindberg R, Russell CG. The affordability of a healthy and sustainable diet: an Australian case study. *Nutr J* 2020; 19: 109
- [11] Breidenassel C, Schäfer AC, Micka M et al. The Planetary Health Diet in contrast to the food-based dietary guidelines of the German Nutrition Society (DGE). A DGE statement. *Ernahrungs Umschau* 2022; 59: 56–72. e1-3
- [12] Laine JE, Huybrechts I, Gunter M] et al. Co-benefits from sustainable dietary shifts for population and environmental health: an assessment from a large European cohort study. *Lancet Planet Health* 2021; 5: e786–e796
- [13] Ojo O, Jiang Y, Ojo O et al. The Association of Planetary Health Diet with the Risk of Type 2 Diabetes and Related Complications: A Systematic Review. *Healthcare (Basel)* 2023; 11: 1120
- [14] Liu J, Shen Q, Wang X. Emerging EAT-Lancet planetary health diet is associated with major cardiovascular diseases and all-cause mortality: A global systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr* 2024; 43: 167–179
- [15] OECD: Health at a Glance 2021: OECD Indicators. Zugriff am 06.06.2023 unter <https://www.oecd.org/health/health-at-a-glance/>
- [16] Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M et al. Übergewicht und Adipositas in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2013; 56: 786–794
- [17] Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001; 344: 1343–1350
- [18] Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002; 346: 393–403
- [19] Deedwania PC, Volkova N. Current Treatment Options for the Metabolic Syndrome. *Curr Treat Options Cardiovasc Med* 2005; 7: 61–74
- [20] UK Prospective Diabetes Study 7: response of fasting plasma glucose to diet therapy in newly presenting type II diabetic patients, UKPDS Group. *Metabolism* 1990; 39: 905–912
- [21] Goodpaster BH, Krishnaswami S, Resnick H et al. Association between regional adipose tissue distribution and both type 2 diabetes and impaired glucose tolerance in elderly men and women. *Diabetes Care* 2003; 26: 372–379
- [22] Evert AB, Dennison M, Gardner CD et al. Nutrition Therapy for Adults With Diabetes or Prediabetes: A Consensus Report. *Diabetes Care* 2019; 42: 731–754
- [23] Klein S, Sheard NF, Pi-Sunyer X et al. Weight management through lifestyle modification for the prevention and management of type 2 diabetes: rationale and strategies. A statement of the American Diabetes Association, the North American Association for the Study of Obesity, and the American Society for Clinical Nutrition. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 257–263
- [24] National Task Force on the Prevention and Treatment of Obesity, National Institutes of Health. Very low-calorie diets. *JAMA* 1993; 270: 967–974
- [25] Churuangskuk C, Hall J, Reynolds A et al. Diets for weight management in adults with type 2 diabetes: an umbrella review of published meta-analyses and systematic review of trials of diets for diabetes remission. *Diabetologia* 2022; 65: 14–36
- [26] Miller CK, Nagaraja HN, Cheavens J et al. Impact of a Novel Diabetes Prevention Intervention for Early Slow Weight Loss Responders Among Adults With Prediabetes: An Adaptive Trial. *Diabetes Care* 2022; 45: 2452–2455
- [27] Branch OH, Rikhy M, Auster-Gussman LA et al. Weight loss and modeled cost savings in a digital diabetes prevention program. *Obes Sci Pract* 2023; 9: 404–415
- [28] Fredensborg Holm T, Udsen FW, Giese IE et al. The Effectiveness of Digital Health Lifestyle Interventions on Weight Loss in People With Prediabetes: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *J Diabetes Sci Technol* 2024. doi:10.1177/19322968241292646
- [29] Graham SA, Auster-Gussman LA, Lockwood KG et al. Weight Loss in a Digital Diabetes Prevention Program for People in Health Professional Shortage and Rural Areas. *Popul Health Manag* 2023; 26: 149–156
- [30] Graham SA, Pitter V, Hori JH et al. Weight loss in a digital app-based diabetes prevention program powered by artificial intelligence. *Digit Health* 2022; 8. doi:10.1177/20552076221130619
- [31] LaPointe S, Merrill M. Weight loss and lifestyle change among high-risk individuals enrolled in a digital diabetes prevention program: A longitudinal study of private and public health insurance members in Western New York. *Prev Med Rep* 2023; 36: 102507
- [32] Mayhew M, Smith N, Fortmann SP et al. Mental health diagnosis attenuates weight loss among older adults in a digital diabetes prevention program. *Obes Sci Pract* 2022; 9: 320–326
- [33] Bundesärztekammer. Telemedizinische Methoden in der Patientenversorgung – Begriffliche Verortung 2015. Zugriff am 06.06.2023 unter https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/_oldfiles/downloads/pdf-Ordner/Telemedizin_Telematik/Telemedizin/Telemedizinische_Methoden_in_der_Patientenversorgung_Begriffliche_Verortung.pdf
- [34] Kempf K, Altpeter B, Berger J et al. Efficacy of the Telemedical Lifestyle intervention Program TeLiPro in Advanced Stages of Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care* 2017; 40: 863–871
- [35] Su D, McBride C, Zhou J et al. Does nutritional counseling in telemedicine improve treatment outcomes for diabetes? A systematic review and metaanalysis of results from 92 studies. *J Telemed Telecare* 2016; 22: 333–347

- [36] Halvorsen RE, Elvestad M, Molin M et al. Fruit and vegetable consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ Nutr Prev Health* 2021; 4: 519–531
- [37] Li M, Fan Y, Zhang X et al. Fruit and vegetable intake and risk of type 2 diabetes mellitus: meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ Open* 2014; 4: e005497
- [38] Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB et al. Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS Med* 2016; 13: e1002039
- [39] Hughes J, Pearson E, Grafenauer S. Legumes – A Comprehensive Exploration of Global Food-Based Dietary Guidelines and Consumption. *Nutrients* 2022; 14: 3080
- [40] Pearce M, Fanidi A, Bishop TRP et al. Associations of Total Legume, Pulse, and Soy Consumption with Incident Type 2 Diabetes: Federated Meta-Analysis of 27 Studies from Diverse World Regions. *J Nutr* 2021; 151: 1231–1240
- [41] Papakonstantinou E, Galanopoulos K, Kapetanidou AE et al. Short-Term Effects of Traditional Greek Meals: Lentils with Lupins, Trahana with Tomato Sauce and Halva with Currants and Dried Figs on Postprandial Glycemic Responses-A Randomized Clinical Trial in Healthy Humans. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19: 11502
- [42] Afshin A, Micha R, Khatibzadeh S et al. Consumption of nuts and legumes and risk of incident ischemic heart disease, stroke, and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2014; 100: 278–288
- [43] George ES, Daly RM, Tey SL et al. Perspective: Is it Time to Expand Research on “Nuts” to Include “Seeds”? Justifications and Key Considerations. *Adv Nutr* 2022; 13: 1016–1027
- [44] Blanco Mejia S, Kendall CWC, Viguiliouk E et al. Effect of tree nuts on metabolic syndrome criteria: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open* 2014; 4: e004660
- [45] Martínez-González MA, García-Arellano A, Toledo E et al. A 14-item Mediterranean diet assessment tool and obesity indexes among high-risk subjects: the PREDIMED trial. *PLoS One* 2012; 7: e43134
- [46] Johnston BC, Zeraatkar D, Han MA et al. Unprocessed Red Meat and Processed Meat Consumption: Dietary Guideline Recommendations From the Nutritional Recommendations (NutriRECS) Consortium. *Ann Intern Med* 2019; 171: 756–764
- [47] Deutsche Diabetes Gesellschaft (DDG) und diabetesDE – Deutsche Diabetes-Hilfe Hrsg. Deutscher Gesundheitsbericht Diabetes 2021. Die Bestandsaufnahme. https://www.diabetesde.org/system/files/documents/20201107_gesundheitsbericht2021.pdf
- [48] Pan XR, Li GW, Hu YH et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care* 1997; 20: 537–544
- [49] Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S et al. The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). *Diabetologia* 2006; 49: 289–297
- [50] Uusitupa M, Louheranta A, Lindström J et al. The Finnish Diabetes Prevention Study. *Br J Nutr* 2000; 83 (Suppl. 1): S137–S142
- [51] Dyson PA, Twenefour D, Breen C et al. Diabetes UK evidence-based nutrition guidelines for the prevention and management of diabetes. *Diabet Med* 2018; 35: 541–547
- [52] Imamura F, O’Connor L, Ye Z et al. Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *BMJ* 2015; 351: h3576
- [53] ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR et al. Summary of Revisions: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes Care* 2023; 46 (Suppl. 1): S5–S9
- [54] Khalili L, A-Elgadir TME, Mallick AK et al. Nuts as a Part of Dietary Strategy to Improve Metabolic Biomarkers: A Narrative Review. *Front Nutr* 2022; 9: 881843
- [55] GBD 2016 Alcohol Collaborators. Alcohol use and burden for 195 countries and territories, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* 2018; 392: 1015–1035
- [56] Kulzer B, Albus C, Herpertz S et al. Psychosoziales und Diabetes. *Diabetol Stoffwech* 2024; 19 (Suppl. 2): S378–S394
- [57] Snijder MB, van der Heijden AA, van Dam RM et al. Is higher dairy consumption associated with lower body weight and fewer metabolic disturbances? The Hoorn Study. *Am J Clin Nutr* 2007; 85: 989–995
- [58] Soedamah-Muthu SS, Ding EL, Al-Delaimy WK et al. Milk and dairy consumption and incidence of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr* 2011; 93: 158–171
- [59] Pereira MA, Jacobs DR, van Horn L et al. Dairy consumption, obesity, and the insulin resistance syndrome in young adults: the CARDIA Study. *JAMA* 2022; 287: 2081–2089
- [60] Azadbakht L, Mirmiran P, Esmailzadeh A et al. Dairy consumption is inversely associated with the prevalence of the metabolic syndrome in Tehranian adults. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 523–530
- [61] Elwood PC, Givens DI, Beswick AD et al. The survival advantage of milk and dairy consumption: an overview of evidence from cohort studies of vascular diseases, diabetes and cancer. *J Am Coll Nutr* 2008; 27: 723S–734S
- [62] Ferland A, Lamarche B, Châteaug-Degat ML et al. Dairy product intake and its association with body weight and cardiovascular disease risk factors in a population in dietary transition. *J Am Coll Nutr* 2011; 30: 92–99
- [63] Margolis KL, Wei F, de Boer ICH et al. A diet high in low-fat dairy products lowers diabetes risk in postmenopausal women. *J Nutr* 2011; 141: 1969–1974
- [64] Wennersberg MH, Smedman A, Turpeinen AM et al. Dairy products and metabolic effects in overweight men and women: results from a 6-mo intervention study. *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 960–968
- [65] Wannamethee SG, Hu FB. Obesity Epidemiology. *Int J Epidemiol* 2009; 38: 325–326
- [66] Tremblay A, Gilbert JA. Milk products, insulin resistance syndrome and type 2 diabetes. *J Am Coll Nutr* 2009; 28 (Suppl. 1): 91S–102S
- [67] McGlynn ND, Khan TA, Wang L et al. Association of Low- and No-Calorie Sweetened Beverages as a Replacement for Sugar-Sweetened Beverages With Body Weight and Cardiometabolic Risk: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2022; 5: e222092
- [68] Lee JJ, Khan TA, McGlynn N et al. Relation of Change or Substitution of Low- and No-Calorie Sweetened Beverages With Cardiometabolic Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Diabetes Care* 2022; 45: 1917–1930
- [69] Rogers PJ, Appleton KM. The effects of low-calorie sweeteners on energy intake and body weight: a systematic review and meta-analyses of sustained intervention studies. *Int J Obes (Lond)* (2005) 2021; 45: 464–478
- [70] Mazi TA, Stanhope KL. Erythritol. An In-Depth Discussion of Its Potential to Be a Beneficial Dietary Component. *Nutrients* 2023; 15: 204
- [71] Tiwaskar M, Mohan V. Clearing the Myths around non-nutritive/non-caloric Sweeteners: An Efficacy and Safety Evaluation. *J Assoc Physicians India* 2022; 70: 11–12
- [72] Daher MI, Matta JM, Abdel N et al. Non-nutritive sweeteners and type 2 diabetes: Should we ring the bell? *Diabetes Res Clin Pract* 2019; 155: 107786
- [73] O’Connor D, Pang M, Castelnovo G et al. A rational review on the effects of sweeteners and sweetness enhancers on appetite, food reward and metabolic/adiposity outcomes in adults. *Food Funct* 2021; 12: 442–465

- [74] Suez J, Cohen Y, Valdés-Mas R et al. Personalized microbiome-driven effects of non-nutritive sweeteners on human glucose tolerance. *Cell* 2022; 185: 3307–3328.e19
- [75] Bayındır Gümüş A, Keser A, Tunçer E et al. Effect of saccharin, a nonnutritive sweeteners, on insulin and blood glucose levels in healthy young men: A crossover trial. *Diabetes Metab Syndr* 2022; 16: 102500
- [76] Meng Y, Li S, Khan J et al. Sugar- and Artificially Sweetened Beverages Consumption Linked to Type 2 Diabetes, Cardiovascular Diseases, and All-Cause Mortality: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Nutrients* 2021; 13: 2636
- [77] Neuenschwander M, Ballon A, Weber K et al. Role of diet in type 2 diabetes incidence: umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies. *BMJ* 2019; 366: l2368
- [78] Neuenschwander M, Barbaresco J, Pischke CR et al. Intake of dietary fats and fatty acids and the incidence of type 2 diabetes: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective observational studies. *PLoS Med* 2020; 17: e1003347
- [79] Li J, Glenn AJ, Yang Q et al. Dietary Protein Sources, Mediating Biomarkers, and Incidence of Type 2 Diabetes: Findings From the Women's Health Initiative and the UK Biobank. *Diabetes Care* 2022; 45: 1742–1753
- [80] Schlesinger S. Diet and Diabetes Prevention: Is a Plant-Based Diet the Solution? *Diabetes Care* 2023; 46: 6–8
- [81] Qian F, Liu G, Hu FB et al. Association Between Plant-Based Dietary Patterns and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Metaanalysis. *JAMA Intern Med* 2019; 179: 1335–1344
- [82] Lee Y, Park K. Adherence to a Vegetarian Diet and Diabetes Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrients* 2017; 9: 603
- [83] Tonstad S, Stewart K, Oda K et al. Vegetarian diets and incidence of diabetes in the Adventist Health Study-2. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2011; 23: 292–299
- [84] Selinger E, Neuenschwander M, Koller A et al. Evidence of a vegan diet for health benefits and risks – an umbrella review of meta-analyses of observational and clinical studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2023; 63: 9926–9936
- [85] Koivusalo SB, Rönö K, Klemetti MM et al. Gestational Diabetes Mellitus Can Be Prevented by Lifestyle Intervention: The Finnish Gestational Diabetes Prevention Study (RADIEL): A Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care* 2016; 39: 24–30
- [86] Wang C, Wei Y, Zhang X et al. A randomized clinical trial of exercise during pregnancy to prevent gestational diabetes mellitus and improve pregnancy outcome in overweight and obese pregnant women. *Am J Obstet Gynecol* 2017; 216: 340–351
- [87] Griffith RJ, Alsweiler J, Moore AE et al. Interventions to prevent women from developing gestational diabetes mellitus: an overview of Cochrane Reviews. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 6: CD012394
- [88] Tobias DK, Zhang C, van Dam RM et al. Physical activity before and during pregnancy and risk of gestational diabetes mellitus: a meta-analysis. *Diabetes Care* 2011; 34: 223–229
- [89] Guo XY, Shu J, Fu XH et al. Improving the effectiveness of lifestyle interventions for gestational diabetes prevention: a meta-analysis and meta-regression. *BJOG* 2019; 126: 311–320
- [90] Lamain-de Ruyter M, Kwee A, Naaktgeboren CA et al. External validation of prognostic models to predict risk of gestational diabetes mellitus in one Dutch cohort: prospective multicentre cohort study. *BMJ* 2016; 354: i4338
- [91] Rasmussen KM, Yaktine AL Hrsg. Weight gain during pregnancy. Reexamining the guidelines. National Academies Press (US). Washington, DC: National Academies Press; 2009
- [92] Barnes RA, Wong T, Ross GP et al. Excessive Weight Gain Before and During Gestational Diabetes Mellitus Management: What Is the Impact? *Diabetes Care* 2020; 43: 74–81
- [93] Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (7. aktualisierte Ausgabe 2021): Referenzwerteübersicht. Zugriff am 05.06.2023 unter <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/>
- [94] Ouellette C, Rudkowska I, Lemieux S et al. Gene-diet interactions with polymorphisms of the MGLL gene on plasma low-density lipoprotein cholesterol and size following an omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation: a clinical trial. *Lipids Health Dis* 2014; 13: 86
- [95] Vallée Marcotte B, Cormier H, Guénard F et al. Novel Genetic Loci Associated with the Plasma Triglyceride Response to an Omega-3 Fatty Acid Supplementation. *J Nutrigenet Nutrigenomics* 2016; 9: 1–11
- [96] Rudkowska I, Pérusse L, Bellis C et al. Interaction between Common Genetic Variants and Total Fat Intake on Low-Density Lipoprotein Particle Diameter: A Genome-Wide Association Study. *J Nutrigenet Nutrigenomics* 2015; 8: 44–53