



Ingwer: Eigenschaften, klinische Integration und Rolle in den wichtigsten Stoffwechselwegen

Dr. A. Colonnese¹, R. Panzironi²

¹ Nutrition Biologist, Latina, Italy

² Independent Researcher, Latina, Italy

1. ABSTRACT

Ingwer ist eines der am besten untersuchten Gewürze, wenn es um funktionelle Ernährung geht, d.h. um die Verwendung von Lebensmitteln, die über die reine Nährstoffversorgung hinaus einen biologischen Vorteil bieten, den Stoffwechsel unterstützen und zum allgemeinen Wohlbefinden beitragen. Sein Ruf beruht nicht nur auf der traditionellen Verwendung in der Küche oder in Heißgetränken, sondern auch auf dem wissenschaftlichen Interesse an seinen bioaktiven Verbindungen, d.h. Molekülen mit biologischer Aktivität, insbesondere Gingerolen und Shogaolen, die zum scharfen Profil der Wurzel beitragen und in verschiedenen experimentellen und klinischen Kontexten beobachtet wurden. In den letzten Jahren hat sich die Aufmerksamkeit vor allem auf die mögliche Rolle von Ingwer bei der Regulierung des Blutzuckerspiegels, d.h. der Glukosekonzentration im Blut, der Insulinsensitivität, entzündlichen Prozessen und einigen Knotenpunkten des Energiestoffwechsels konzentriert. Aus diesem Grund möchten diejenigen, die Informationen zu diesem Thema suchen, nicht nur wissen, ob Ingwer „nützlich“ ist, sondern auch, wie er wirkt, unter welchen Bedingungen er untersucht wurde und mit welchen Einschränkungen die Ergebnisse zu interpretieren sind. Im Bereich der Wissenschaftskommunikation ist es wichtig, zwischen biologischer Begründung, Evidenz beim Menschen und praktischen Anwendungen zu unterscheiden und dabei sowohl übermäßigen Enthusiasmus als auch irreführende Vereinfachungen zu vermeiden. Der folgende Artikel ordnet diese Aspekte: Er beginnt mit klinischen Daten, geht über zu intrazellulären Mechanismen, behandelt die Beziehung zu AMPK, einer Kinase, die an der Kontrolle der Zellenergie beteiligt ist, und mTOR, einem Proteinkomplex, der Wachstum und Stoffwechselregulation steuert, vertieft die Insulinresistenz, d.h. die verminderte Reaktion der Gewebe auf Insulin, und den Blutzuckerspiegel und schließt mit Hinweisen zur täglichen Anwendung, Sicherheit und Qualität der Evidenz. Zusammenfassend sind dies die wichtigsten Punkte, die wir im Folgenden vertiefen werden:

- Wirkung von Ingwer auf Blutzucker und Insulinsensitivität
- Rolle von Gingerolen und Shogaolen in zellulären Mechanismen
- Zusammenhang zwischen Ingwer, AMPK und mTOR-Regulation
- Praktische Anwendungen, Richtdosen und Anwendungsformen
- Sicherheit, Grenzen der Evidenz und Risikogruppen

VIDEO ARTICLE



ARTICLE INFORMATION

Received: September 11, 2026

Revised: September 11, 2026

Accepted: September 11, 2026

Published: September 2026

DOI 10.5281/zenodo.placeholder

MISSION

LIFE Science Hub – Journal of Science entstand mit dem Ziel, wissenschaftliches Wissen zugänglich zu machen, ohne auf methodische Strenge, Qualität der Quellen und Verlässlichkeit der Inhalte zu verzichten. Die Zeitschrift fördert die Verbreitung von Wissen in den Gesundheits-, Ernährungs-, Medizin- und Langlebigkeitswissenschaften und schlägt so eine Brücke zwischen der Welt der Forschung und der Gesellschaft.

Durch Artikel, Übersichtsarbeiten, vertiefende Beiträge und Expertenbeiträge stärkt das Journal die evidenzbasierte Medizin und Wissenschaft, fördert eine korrekte Interpretation wissenschaftlicher Daten und tritt Fehlinformationen entgegen. Jeder Inhalt wird mit dem Ziel entwickelt, die Komplexität der Forschung in verständliche, nützliche und anwendbare Informationen zu übersetzen, wobei die Grundsätze von Genauigkeit, Transparenz und wissenschaftlicher Unabhängigkeit unangetastet bleiben.

Frei von politischen, industriellen und kommerziellen Einflüssen versteht sich die Zeitschrift als maßgeblicher und unabhängiger redaktioneller Raum, der der Förderung der wissenschaftlichen Kultur, der beruflichen Weiterbildung und dem Wachstum des Gesundheitsbewusstseins in der Bevölkerung gewidmet ist.



2. INGWER UND NAHRUNGSERGÄNZUNG BEIM MENSCHEN

Bei Patienten mit Typ-2-Diabetes mellitus, einer Form des Diabetes, die durch Insulinresistenz und eine fortschreitende Abnahme der Insulinwirksamkeit gekennzeichnet ist, zeigt die klinische Literatur ein konkretes, aber noch vorsichtiges Interesse an der Ergänzung mit Ingwer. Mehrere randomisierte kontrollierte Studien haben nicht nur den Blutzuckerspiegel, d.h. die Glukosekonzentration im Blut, sondern auch die Qualität der gesamten Stoffwechselkontrolle bewertet. In einer randomisierten, doppelblinden, placebokontrollierten Studie erhielten 41 Teilnehmer mit Typ-2-Diabetes über 3 Monate täglich 3 g Ingwer in Kapseln; in der behandelten Gruppe sank der Serumglukosespiegel um $19,41 \pm 18,83$ mg/dL gegenüber einem Anstieg von $1,63 \pm 4,28$ mg/dL unter Placebo, während der HbA_{1c}-Wert, d.h. das glykierte Hämoglobin, das den durchschnittlichen Blutzuckerverlauf in den vorangegangenen Wochen widerspiegelt, um $0,77 \pm 0,88$ % sank gegenüber $0,02 \pm 0,16$ % in der Kontrollgruppe, mit signifikanten Unterschieden auch für Insulin und HOMA-IR, einem Index der Insulinresistenz [1]. Diese Ergebnisse sind klinisch relevant, da sie eine mehrstufige Wirkung auf die diabetische Dysfunktion nahelegen: Reduktion der Hyperglykämie, geringere Insulinbelastung und mögliche Abschwächung der peripheren Insulinresistenz. Eine zweite Studie bestätigte ein ähnliches Profil mit 3 g täglich über 3 Monate bei Erwachsenen mit T2DM und beobachtete Verbesserungen bei Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin, Insulinresistenz, hs-CRP, d.h. hochsensitives C-reaktives Protein, PON-1, einem Enzym mit antioxidativer Rolle, TAC, der gesamten antioxidativen Kapazität, und MDA, einem Marker für Lipidperoxidation [2]. Die Daten sind wichtig, da sie die Blutzuckerkontrolle mit breiteren biologischen Prozessen wie systemischer Entzündung, antioxidativer Abwehr und Lipidperoxidation verbinden. Mit anderen Worten, Ingwer scheint auf das pathophysiologische Terrain zu wirken, das Diabetes unterstützt, nicht nur auf den zum Zeitpunkt der Blutentnahme abgelesenen Wert. Diese Interpretation stimmt mit dem Bild überein, das sich aus den Meta-Analysen ergibt. Eine Synthese von 16

randomisierten Studien und 1010 Teilnehmern ergab eine Reduktion von CRP, hs-CRP und TNF- α , d.h. dem Tumornekrosefaktor alpha, jedoch ohne signifikanten Effekt auf IL-6 und sICAM [3]. Das entzündungshemmende Signal ist also vorhanden, aber nicht einheitlich, und muss im Lichte der Heterogenität der Studien interpretiert werden. Auch eine neuere systematische Überprüfung und Dosis-Wirkungs-Analyse bestätigte das Interesse an entzündungshemmenden Ergebnissen, wenn auch in einem insgesamt variablen Bild [4]. Dieser Punkt verdient Aufmerksamkeit, da eine geringgradige Entzündung zur Progression der Insulinresistenz und zur endothelialen Dysfunktion, d.h. zur Veränderung der inneren Funktion der Blutgefäße, beiträgt. Die Reduzierung solcher Mediatoren kann einen klinischen Wert haben, insbesondere bei Personen mit bereits manifesten Stoffwechselstörungen. Es bleibt jedoch wesentlich, zwischen biologischer Plausibilität und therapeutischer Anwendung zu unterscheiden: Die Ergänzung kann die Standardbehandlung begleiten, ersetzt sie aber nicht. Bei der breiteren Stoffwechselstörung wurde Ingwer auch bei Personen mit metabolischem Syndrom und Adipositas untersucht, zwei Zuständen, bei denen sich die pathogenetischen Mechanismen offensichtlich überschneiden. Das metabolische Syndrom vereint nämlich Veränderungen wie abdominale Adipositas, Dyslipidämie, Hyperglykämie und erhöhten Blutdruck. In einer randomisierten, doppelblinden Studie erhielten 60 Personen mit metabolischem Syndrom über 8 Wochen täglich 3 g Ingwer oder Placebo, mit Verbesserungen bei Körpergewicht, Body-Mass-Index, Nüchternblutzucker und einigen kardiometabolischen Markern [5]. Eine weitere Studie an adipösen Patienten mit neu diagnostiziertem T2DM zeigte, dass die Supplementierung mit Ingwerpulver das glykämische und lipidische Profil verbesserte, mit besonderem Interesse für LDL, HDL und Triglyceride [6]. Diese Ergebnisse stimmen mit einer pleiotropen Wirkung, d.h. einer Wirkung auf mehrere Ziele, der phenolischen Verbindungen des Ingwers überein, die den Glukosestoffwechsel, die Lipidhomöostase und den oxidativen Stress beeinflussen können. In einer Meta-Analyse an übergewichtigen oder adipösen Personen waren die Auswirkungen auf Gewicht und Stoffwechselprofile bescheiden, aber insgesamt



konsistent [7]. Die klinische Botschaft ist daher klar: Der Nutzen scheint nicht universell zu sein, sondern tritt vor allem in Kontexten auf, in denen der Stoffwechsel bereits beeinträchtigt ist. Dies macht Ingwer glaubwürdiger als gezielte Ernährungsunterstützung denn als eigenständiges Abnehm- oder blutzuckersenkendes Mittel. Ein weiteres interessantes Element betrifft die postprandiale Blutzuckerregulierung, d.h. den Anstieg des Glukosespiegels nach dem Essen, der bei Routineuntersuchungen oft unterschätzt wird. Bei nicht-diabetischen Erwachsenen untersuchte eine randomisierte Studie 100 ml wässrigen Ingwerextrakt, der 0,2 g/100 ml enthielt, bei 24 Teilnehmern und beobachtete eine signifikante Reduktion der inkrementellen Fläche unter der Kurve für Glukose und der maximalen Glukosekonzentration nach dem Essen [8]. Dieses Ergebnis deutet auf einen möglichen Effekt auf die Absorptionsgeschwindigkeit oder die Effizienz der Stoffwechselreaktion auf Kohlenhydrate hin. Aus pathophysiologischer Sicht bedeutet die Begrenzung postprandialer Spitzen, die oxidative Belastung und den glykativen Schaden zu reduzieren, d.h. die Veränderungen, die durch die längere Exposition gegenüber hohen Glukosespiegeln verursacht werden und im Laufe der Zeit vaskuläre und metabolische Komplikationen begünstigen. Aus diesem Grund kann Ingwer auch in der Primärprävention interessant sein, vorausgesetzt, die Interpretation bleibt vorsichtig und an die Qualität der Evidenz gebunden. Insgesamt erscheint die Integration beim Menschen in kardiometabolischen Kontexten überzeugender, wo Hyperglykämie, Insulinresistenz und geringgradige Entzündungen ein biologisches Terrain schaffen, das für die Wirkung bioaktiver Verbindungen günstig ist [1][2][5][6][3][8]. Die klinische Bedeutung dieser Ergebnisse sollte jedoch nicht absolut interpretiert werden. Die Unterschiede zwischen den Studien hängen von Dauer, Formulierung, Stichprobengröße und Ausgangsstoffwechselzustand ab; aus diesem Grund wird Ingwer am besten als ernährungsphysiologisches Hilfsmittel interpretiert. Sein Nutzen steigt, wenn er in einen strukturierten Kontext von Ernährung, Bewegung und Management des kardiometabolischen Risikos eingebettet wird. In diesem Sinne besteht die klinische Begründung nicht darin, eine wundersame Wirkung zu versprechen,

sondern einen potenziellen Beitrag zu Parametern anzuerkennen, die sich oft parallel verschlechtern. Daraus ergibt sich der Übergang zu pathologischen Zuständen, in denen die biologische Begründung breiter ist und entzündliche Mechanismen besonders relevant sind [4][9]. Die wichtigsten Erkenntnisse aus den Studien sind:

- Reduktion des Nüchternblutzuckers in einigen klinischen Studien;
- Verbesserung von HbA_{1c} und Insulinsensitivität;
- günstige Auswirkungen auf das Lipidprofil in ausgewählten Untergruppen;
- größerer Nutzen bei Personen mit ausgeprägten Stoffwechselstörungen;
- möglicher Beitrag zur postprandialen Glukosekontrolle [1][2][5][6][3][8].

In den folgenden Abschnitten werden wir sehen, wie sich diese klinischen Anzeichen in den verschiedenen untersuchten Stoffwechselkontexten äußern. Zuerst bei Typ-2-Diabetes, dann beim metabolischen Syndrom, bis hin zu den Auswirkungen auf den postprandialen Blutzucker.

2.1 Ingwer bei Typ-2-Diabetes: Auswirkungen auf Blutzucker und HbA_{1c}

Bei Typ-2-Diabetes mellitus wurde Ingwer als Nahrungsergänzungsmittel untersucht, das auf mehrere Stoffwechselparameter wirken kann. In einer randomisierten, doppelblinden, placebokontrollierten Studie nahmen 41 Patienten drei Monate lang täglich 3 g Ingwer in Kapseln ein; der Serumglukosespiegel sank um $19,41 \pm 18,83$ mg/dL, der HbA_{1c}-Wert um $0,77 \pm 0,88$ %, und es wurden auch Verbesserungen bei Insulin und HOMA-IR im Vergleich zu Placebo beobachtet [1]. Eine weitere Studie mit der gleichen Dosis und Dauer bestätigte den positiven Trend bei Glukose, HbA_{1c}, Insulin und oxidativen Markern [2]. Der entscheidende Punkt ist nicht, Ingwer eine pharmakologische Rolle zuzuschreiben, sondern zu verstehen, ob er zur Verbesserung des glykämischen Status im Rahmen einer umfassenderen Strategie beitragen kann. In dieser Perspektive ergibt sich das Interesse aus der möglichen Interaktion mit Insulinresistenz, oxidativem Stress und niedriggradiger Entzündung. Die Daten zu hs-CRP, PON-1, TAC und MDA untermauern die Hypothese eines globalen Effekts auf das metabolische



Mikromilieu [2]. Die korrekte Interpretation der Ergebnisse erfordert jedoch Vorsicht: Die beobachteten Vorteile sind nicht in allen Studien homogen und erlauben keine endgültigen Schlussfolgerungen bezüglich des Ersatzes von Standardtherapien. Es bleibt jedoch ein Bereich mit hohem Potenzial für diejenigen, die Informationen über Nahrungsergänzungsmittel zur Blutzuckerkontrolle suchen, insbesondere wenn der Patient eine anfängliche, aber bereits messbare Beeinträchtigung des Glukosestoffwechsels aufweist.

2.2 Ingwer und metabolisches Syndrom: Warum es den Kardiometabolismus betrifft

Das metabolische Syndrom stellt einen der Kontexte dar, in denen Ingwer aus ernährungsphysiologischer Sicht am interessantesten ist. Dieser Zustand vereint oft gleichzeitig auftretende Veränderungen wie abdominale Adipositas, Dyslipidämie, Hyperglykämie und erhöhten Blutdruck. In einer randomisierten, doppelblinden, placebokontrollierten Studie nahmen 60 Probanden mit metabolischem Syndrom 8 Wochen lang täglich 3 g Ingwer ein, wobei sich Gewicht, Body-Mass-Index, Nüchternblutzucker und einige Stoffwechselmarker verbesserten [5]. Eine Studie an adipösen Patienten mit neu diagnostiziertem T2DM zeigte Vorteile für das glykämische und lipidische Profil durch Ingwerpulver [6]. Der Wert der Beobachtung liegt in der multifaktoriellen Natur des Effekts, was mit einem Lebensmittel oder Extrakt übereinstimmt, das nicht nur auf ein einziges Ziel wirkt. Auf pathophysiologischer Ebene erzeugt die Kombination aus Hyperglykämie, niedriggradiger Entzündung und Dyslipidämie tatsächlich einen Teufelskreis, der Gefäßschäden und kardiometabolische Progression begünstigt. Die Verbesserung der Marker sollte jedoch nicht als Beweis für eine universelle Wirksamkeit interpretiert werden. Die Gewichtsreduktion und die Korrektur einiger Lipidparameter deuten vielmehr auf eine unterstützende Rolle hin, die durch Ernährung und körperliche Aktivität ergänzt werden sollte. Für diejenigen, die praktische und klinische Informationen suchen, ist das metabolische Syndrom eines der nützlichsten Felder, um Ingwer als integrierten Stoffwechselregulator und nicht als isolierte Intervention zu betrachten.

3. INGWER UND SEINE ANWENDUNGEN BEI DEN BEHANDELTEN KRANKHEITEN

In der Literatur über entzündliche Erkrankungen und chronische Zustände wird Ingwer als eine Substanz beschrieben, die mit transversalen biologischen Prozessen interagieren kann. Dieses Interesse ergibt sich aus seiner phytochemischen Zusammensetzung, insbesondere Gingerolen und Shogaolen, zwei bioaktiven Verbindungen, die Signalwege beeinflussen können, die mit oxidativem Stress, Immunantwort und Zellstoffwechsel verbunden sind. Eine Übersicht über entzündliche Erkrankungen hat das Potenzial von Ingwerverbindungen hervorgehoben, proinflammatorische Signale zu reduzieren und Signalwege zu stören, die NF-kB betreffen, eine transkriptionelle Plattform, die die Produktion vieler Zytokine reguliert [10]. Parallel dazu zeigte die Meta-Analyse zu Entzündungsmarkern in den verfügbaren RCTs eine Reduktion von CRP, hs-CRP und TNF- α , jedoch ohne signifikanten Effekt auf IL-6 und sICAM; dieses Detail ist wichtig, da es eine selektive Modulation und keine generalisierte Unterdrückung der Entzündung nahelegt [3]. In einer breiteren Perspektive fasste eine Übersicht aus dem Jahr 2021 die zahlreichen Interessensgebiete der bioaktiven Ingwerstoffe zusammen und verband antioxidative, entzündliche und metabolische Aktivitäten [11]. Ein relevantes Kapitel betrifft die Krebsprävention. Eine spezifische Übersicht über Ingwer und seine gereinigten Komponenten beschrieb eine chemopräventive Begründung, die auf der Modulation von Entzündungen, der Kontrolle der Proliferation und der Interferenz mit dem Überleben transformierter Zellen basiert [12]. Diese Aktionen stimmen mit einem Effekt auf Faktoren überein, die die Gewebeanstabilität und die neoplastische Progression fördern. Auch eine aktuelle Übersicht über Darmkrebs bestätigte, dass Ingwerverbindungen, insbesondere Gingerole und Shogaole, an mehreren Schritten des Tumormikromilieus und der Signalwege wirken, jedoch größtenteils auf präklinischer Basis [13]. In diesem Bereich ist es nützlich, jede Überinterpretation zu vermeiden: Die Tatsache, dass dieselbe Verbindung Wege beeinflusst, die am Zellwachstum beteiligt sind, ist kein Beweis für eine klinische Antitumorwirksamkeit beim Menschen. Daher bleibt die korrekte Botschaft die eines vielversprechenden biologischen Interesses, nicht die



einer alternativen Behandlung. Vorsicht ist auch deshalb geboten, weil der onkologische Kontext harte Endpunkte, angemessene Nachbeobachtungszeiten und den Vergleich mit etablierten Standards erfordert, Elemente, die in den meisten Studien zu Ingwer und Karzinogenese heute fehlen [13][12]. Die intestinale Dimension ist ebenso wichtig. Eine Übersicht über entzündliche Darmerkrankungen beschrieb die mögliche Rolle von Ingwer und seinen Bestandteilen bei der Unterstützung der Epithelbarriere und der Reduzierung einiger Entzündungssignale [14]. Die Darmbarriere ist nämlich nicht nur ein mechanischer Filter: Sie reguliert den Durchgang von Antigenen, Mikroben und Mediatoren, die systemische Entzündungen fördern können. In Zellmodellen zeigte 6-Shogaol, ein Shogaol mit einer besonders untersuchten biologischen Aktivität, die Fähigkeit, den durch TNF- α induzierten Barriereverlust durch Hemmung von PI3K/Akt und NF- κ B zu verhindern [15]. Dies ist interessant, da es das Darmmilieu mit intrazellulären Wegen verbindet, die Permeabilität, Entzündung und Immunantwort regulieren. Daraus ergibt sich ein kohärentes Bild: Ingwer erscheint biologisch plausibel bei chronischen Zuständen, in denen anhaltende Entzündungen ein zentrales Problem darstellen, aber die Beweise am Menschen reichen noch nicht aus, um die Anwendung als spezifische therapeutische Intervention zu verallgemeinern [13][12][10][14][15]. Das Gesamtbild muss präzise gelesen werden. Die Evidenz ist überzeugender, wenn es um entzündliche Modulation und biochemische Signale geht; sie wird jedoch schwächer, wenn direkte klinische Anwendungen in der Onkologie oder bei Darmerkrankungen gefordert werden. Gerade diese Unterscheidung ermöglicht es, Ingwer in einer korrekten wissenschaftlichen Sprache zu verwenden und die Begründung von der therapeutischen Behauptung zu trennen. Daraus ergibt sich die natürliche Verbindung zu spezifischeren intrazellulären Mechanismen, wo die Beziehung zu mTOR, dem Proteinkomplex, der Wachstumssignale und Energieverfügbarkeit integriert, zentral wird [13][12][10][14]. Eine institutionelle Interpretation muss daher die biologische Plausibilität würdigen, ohne sie in eine undifferenzierte klinische Empfehlung umzuwandeln. Zusammenfassend verdient Ingwer als Nahrungsergänzungsmittel Aufmerksamkeit,

insbesondere unter Bedingungen, bei denen Entzündungen, oxidativer Stress und Barriestörungen zur Pathophysiologie beitragen [11][10][3]. Die Bereiche, die Aufmerksamkeit verdienen, umfassen:

- Interaktion mit systemischer und lokaler Entzündung;
- mögliche Rolle bei Prozessen der Krebsprävention;
- Verbindungen zur Darmbeschaffenheit und zum Mikrobiom, d.h. der Gemeinschaft von Mikroorganismen, die im Darm leben;
- Anwendungen bei chronischen Erkrankungen mit metabolischer Komponente;
- vorsichtige Interpretation der verfügbaren Humandaten [13][12][10][14][3].

Im Folgenden werden die wichtigsten Bereiche vorgestellt, in denen Ingwer untersucht wurde: Krebsprävention, Darm und Stoffwechsel. Entscheidend ist dabei, die biologische Begründung von den bereits verfügbaren klinischen Beweisen zu trennen.

3.1 Ingwer und Krebsprävention: Was die Forschung nahelegt

Ingwer wurde im Bereich der Onkologie vor allem wegen seiner möglichen chemopräventiven Rolle untersucht, d. h. seiner Fähigkeit, das Risiko einer Zelltransformation zu verringern, bevor sich der Tumor entwickelt. Aus biologischer Sicht rührt dieses Interesse von der Fähigkeit seiner Bestandteile her, auf Entzündungen, oxidativen Stress und das Überleben von Zellen einzuwirken, drei Prozesse, die an der neoplastischen Transformation beteiligt sind. Eine Übersicht über Ingwer und seine gereinigten Bestandteile beschrieb potenziell nützliche Aktivitäten zur Reduzierung von Proliferation, Entzündungen und Pro-Survival-Signalen transformierter Zellen [12]. Eine Übersicht über kolorektales Karzinom zeigte dann, dass Gingerole und Shogaole auf Signalwege wirken, die an Angiogenese, Apoptose und dem Tumormikromilieu beteiligt sind [13]. Im Rahmen der Prävention geht es nicht darum, Ingwer als Krebsbehandlung zu betrachten, sondern als eine Substanz, die dazu beitragen könnte, ein biologisches Umfeld, das für die Zelltransformation prädisponiert ist, weniger günstig zu gestalten. Die Literatur deutet auf ein besonderes



Interesse an Geweben hin, die einer anhaltenden Entzündung ausgesetzt sind, aber die Daten am Menschen sind noch begrenzt. Aus diesem Grund ist das Thema mit Vorsicht zu betrachten: Die biologische Begründung existiert, während die klinische Umsetzung weiterer Bestätigungen bedarf. Dies ist ein relevanter Bereich für diejenigen, die zuverlässige Informationen über Ingwer und Krebs suchen, ohne die Evidenz überzuinterpretieren. Praktisch bedeutet dies, dass eine mögliche Anwendung nur als Teil einer umfassenden Ernährungsstrategie sinnvoll ist, niemals als Ersatz für standardmäßige diagnostische oder therapeutische Verfahren.

3.2 Ingwer und Darmentzündungen: Barrieren, Mikrobiota und Symptome

Im Darmtrakt weckt Ingwer Interesse aufgrund der möglichen Wechselwirkung mit Entzündungen, der Epithelbarriere und der Zusammensetzung der Mikrobiota. Diese Achse ist entscheidend, da viele Darmerkrankungen durch einen Verlust der Schleimhautintegrität entstehen oder aufrechterhalten werden, gefolgt von einer Immunaktivierung und einer Verstärkung proinflammatorischer Signale. Eine Übersichtsarbeit zu entzündlichen Darmerkrankungen beschrieb das Potenzial von Ingwer und seinen Bestandteilen zur Unterstützung der Barriere und zur Modulation der mukosalen Immunantwort [14]. In einem Zellmodell verhinderte 6-Shogaol, ein Shogaol mit gut dokumentierter biologischer Aktivität, den durch TNF- α induzierten Barriereverlust durch die Hemmung von PI3K/Akt und NF- κ B [15]. Dieser Kontext ist besonders wichtig, da viele chronische Erkrankungen eine intestinale Komponente teilen, die nicht nur verdauungsbezogen, sondern auch immunometabolisch ist. Die verfügbaren Daten deuten darauf hin, dass Ingwerverbindungen das Darmmilieu günstig beeinflussen können, aber die Richtung des Effekts hängt von Dosis, Formulierung und dem anfänglichen klinischen Zustand ab. Es handelt sich also nicht um eine Einheitslösung für Darmbeschwerden, sondern um eine Ernährungsoption, die im breiteren Rahmen der Pathophysiologie interpretiert werden muss. Die klinische Bedeutung ist derzeit hauptsächlich hypothetisch und unterstützend: nützlich, um

Hypothesen zu generieren, aber noch nicht, um standardisierte Indikationen zu definieren.

4. INGWER UND DIE BEZIEHUNG ZU MTOR

Unter den Bioaktivstoffen des Ingwers ist 6-Shogaol die Verbindung, die am direktesten mit der Regulierung der PI3K/AKT/mTOR-Achse in Verbindung steht, einer intrazellulären Signalkaskade, die Zellwachstum, Überleben und Stoffwechsel steuert. In zellulären Modellen von Gebärmutterhalskrebs zeigte dieser Metabolit eine antitumorale Wirkung, verbunden mit einer Reduzierung des Zellwachstums über den PI3K/Akt/mTOR-Weg [16]. Eine weitere Übersicht, die sich den antitumoralen Eigenschaften von 6-Shogaol widmet, fasste seine Rolle bei der Modulation von Proliferation, Apoptose, d.h. dem programmierten Zelltod, und Überlebenssignalen zusammen und bestätigte, dass sein Interesse aus einer multifaktoriellen Wirkung und nicht aus einem einzelnen Ziel resultiert [17]. Auch bei Mundkrebs zeigte 6-Shogaol eine krebshemmende Wirkung, die mit der Unterdrückung des AKT-Signals, einer Kinase, d.h. einem Enzym, das Phosphatgruppen überträgt und intrazelluläre Signale weiterleitet, verbunden war [18]. Diese Datenkonvergenz legt nahe, dass Ingwer eher in ein gemeinsames Regulationsnetzwerk als in eine einzelne molekulare Anomalie eingreifen könnte. Auf biologischer Ebene ist dieser Befund relevant, da viele Tumoren und viele entzündliche Zustände gerade von zu persistenten Überlebenssignalen abhängen. Die Bedeutung von mTOR geht jedoch über die Onkologie hinaus. mTORC1, d.h. der Komplex 1 des mTOR-Proteins, integriert Nährstoffe und Wachstumsfaktoren, um die Proteinsynthese und den Anabolismus zu fördern, d.h. die Gesamtheit der Prozesse, die neue Zellmoleküle aufbauen; wenn dieser Weg übermäßig aktiv ist, neigt die Zelle dazu, in einem Wachstumszustand zu verbleiben und den Austausch beschädigter Komponenten zu reduzieren. In diesem Zusammenhang wird die Modulation von mTOR durch Ingwerverbindungen als möglicher Vorteil in Kontexten chronischer Entzündungen, metabolischen Stresses und Veränderungen der Zellqualität interpretiert [16][17]. Die Verbindung zur Autophagie, dem System, mit dem die Zelle beschädigte interne Komponenten abbaut und recycelt, ist besonders



wichtig. Wenn mTOR gehemmt wird, kann dieser Prozess aktiver werden und die Homöostase, d.h. die Aufrechterhaltung des inneren Gleichgewichts, fördern. Ingwer wird daher als potenzieller Modulator des Gleichgewichts zwischen Zellwachstum und -erhaltung angesehen, ein zentrales Gleichgewicht bei vielen chronischen Krankheiten [19][15]. Die präklinische Literatur deutet auch auf eine mögliche Interaktion mit AKT und PI3K hin, d.h. mit dem initialen Enzym der Kaskade, das das Überlebens- und Wachstumssignal verstärkt. 6-Shogaol reduzierte das PI3K/Akt-Signal in Modellen der Darmbarriere und trug dazu bei, die epitheliale Integrität gegen TNF- α , einen an Entzündungen beteiligten Tumornekrosefaktor, zu erhalten [15]. Dieser Befund stärkt die Vorstellung, dass Ingwer nicht nur auf eine einzelne Krankheit wirkt, sondern auf eine Reihe gemeinsamer Wege, die Proliferation, Entzündung und Stressreaktion steuern. Die gleiche Logik findet sich bei anderen Ingwerverbindungen, aber 6-Shogaol bleibt der klarste Bezugspunkt, um die Beziehung zu mTOR zu verstehen [16][18][17][15]. Parallel dazu zeigen andere Forschungen zu Ingwer und seinen Bestandteilen Effekte auf Energie- und Redoxwege, d.h. auf die Gleichgewichtssysteme der Oxidation-Reduktion, die auf die Kontrolle des Zellwachstums konvergieren können, wodurch das Gesamtbild kohärent wird [19][20][21][22][23]. Für den Leser ist die praktische Schlussfolgerung einfach: Die Beziehung zwischen Ingwer und mTOR ist einer der solidesten Punkte in der experimentellen Literatur, bleibt aber noch eine biologische Begründung. Die klinische Übersetzung beim Menschen, insbesondere außerhalb der Onkologie, ist nicht mit der gleichen Stärke nachgewiesen. Von hier aus geht der natürliche Übergang zu den Mechanismen der Energieregulation, wo AMPK, eine Kinase, die empfindlich auf den zellulären Energiezustand reagiert, und mTOR als zwei Seiten desselben metabolischen Gleichgewichts gelesen werden [16][17][15]. In diesem Szenario helfen die klinischen Beweise für Ingwer in anderen Bereichen, wie Blutzucker und Entzündungen, zu verstehen, warum sein Profil auch dann als vielversprechend gilt, wenn das Endergebnis nicht direkt mTOR betrifft [1][2][4][10][24][25]. Insgesamt bleibt die wissenschaftliche Botschaft vorsichtig, aber klar. 6-Shogaol stellt eine glaubwürdige Brücke zwischen

Phytochemie und Zellsignalbiologie dar. Seine Fähigkeit, PI3K/AKT/mTOR zu modulieren, darf jedoch nicht mit einer bereits beim Menschen validierten therapeutischen Wirkung verwechselt werden. Derzeit ist der robusteste Befund, dass Ingwer eine kohärente mechanistische Begründung bietet, die nützlich ist, um zukünftige Studien zu interpretieren und Stoffwechsel, Entzündung und zelluläre Anpassung in einem einzigen pathophysiologischen Rahmen zu verbinden [16][18][17][15]. Die wichtigsten biologischen Knotenpunkte, die zu beachten sind, sind folgende:

- Aktivierung oder Hemmung des PI3K/AKT/mTOR-Weges;
- Auswirkungen auf Zellproliferation und -überleben;
- mögliche Interferenz mit Autophagie und oxidativem Stress, d.h. der Veränderung durch einen Überschuss an reaktiven Sauerstoffspezies;
- Verbindungen zwischen mTOR, Entzündung und dem Gewebemikromilieu;
- vor allem präklinischer Wert der verfügbaren Beobachtungen [16][18][17][19][15].

Der erste Aspekt, der geklärt werden muss, ist die Bedeutung von 6-Shogaol bei der Regulierung des PI3K/Akt/mTOR-Signalwegs. Unmittelbar danach verlagert sich der Fokus auf den Zusammenhang zwischen mTOR, Autophagie und Zellstress, d.h. auf die Bedingungen, die die Anpassungsfähigkeit der Zelle bestimmen.

4.1 Ingwer und der PI3K/AKT/mTOR-Signalweg: Die Rolle von 6-Shogaol

6-Shogaol ist eine der am besten untersuchten Ingwerverbindungen im Zusammenhang mit dem PI3K/AKT/mTOR-Signalweg. In Zellmodellen des Gebärmutterhalskrebses zeigte es eine Antitumorwirkung mit Unterdrückung des PI3K/Akt/mTOR-Signals und Reduzierung des Zellwachstums [16]. Bei Mundkrebs reduzierte es die AKT-Aktivität mit antikarzinogenen Folgen [18]. Dies bedeutet nicht, dass Ingwer mTOR wahllos „abschaltet“; vielmehr deutet es auf eine selektive Modulation hin, die vom biologischen Kontext abhängt. Das Interesse an diesem Signalweg rührt daher, dass mTOR ein zentraler Knotenpunkt für



Wachstum, Proteinsynthese und Ernährungsanpassung ist. Für den Leser ist die Schlüsselfrage nicht nur, was die Verbindung bewirkt, sondern auch, warum diese Modulation bei chronischen Entzündungsprozessen, verändertem Stoffwechsel und zellulärer Anfälligkeit relevant ist. Die umfassendere Literatur zu Ingwer zeigt tatsächlich konsistente Effekte auf Entzündungs- und Stoffwechselparameter, was die Hypothese einer Netzwerkaktion untermauert [2][4][26][10][9][24][25].

4.2 Ingwer, Autophagie und zellulärer Stress: Warum mTOR wichtig ist

mTOR ist nicht nur für das Zellwachstum relevant, sondern auch für die Regulation der Autophagie, dem Prozess, bei dem die Zelle beschädigte Komponenten recycelt und die Homöostase aufrechterhält. Wenn mTOR übermäßig aktiv bleibt, wird die Autophagie tendenziell gehemmt; wenn das Signal moduliert wird, kann die Zelle einen Teil ihrer Anpassungsfähigkeit zurückgewinnen. Im Fall von Ingwer scheinen einige Verbindungen ein günstigeres Gleichgewicht zwischen anabolen Signalen und intrazellulären Reinigungsmechanismen zu fördern. 6-Shogaol hat auch die Fähigkeit gezeigt, die Darmbarriere zu erhalten, indem es den durch TNF- α über PI3K/Akt und NF- κ B induzierten Integritätsverlust reduziert. NF- κ B ist ein Transkriptionsfaktor, der die Expression von Genen reguliert, die an Entzündungen beteiligt sind [15]. Dieses Thema ist wichtig, weil es den Stoffwechsel mit oxidativem Stress und der funktionellen Qualität von Geweben verbindet. Es sollte jedoch nicht als Garantie für einen klinischen Effekt verstanden werden: Es ist vor allem eine nützliche Interpretationsachse, um zu verstehen, warum Ingwer bei verschiedenen chronischen Erkrankungen untersucht wird. Das experimentelle Bild fügt sich gut in die Beobachtungen zu Diabetes, Entzündungen und Redox-Status ein, einschließlich derer mit 3 g/Tag über 3 Monate bei 41 T2DM-Patienten, davon 22 Ingwer und 19 Placebo, mit Reduktion von Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin und HOMA-IR im Vergleich zu Placebo [1], und derer mit 3 g/Tag über 3 Monate bei Erwachsenen mit T2DM, mit Verbesserung von Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin, Insulinresistenz, hs-CRP, PON-1, TAC und MDA [2].

5. INGWER, AMPK UND DIE ENERGETISCHE NEUAUSRICHTUNG VON MTOR

Einer der interessantesten Aspekte ergibt sich aus Studien zu [11]-Gingerol in Skelettmuskelzellen. In Zellmodellen erhöhte diese Verbindung die Phosphorylierung von AMPK α 2, d.h. die Addition einer Phosphatgruppe, die ihre funktionelle Aktivierung widerspiegelt, was zu einer erhöhten zellulären Glukoseaufnahme führte [19]. In einer anderen Arbeit an C2C12-Zellen erhöhte ein Ingwerextrakt die Expression von GLUT4, dem Glukosetransporter, hauptsächlich über AMPK im Vergleich zu PI3K, einer Phosphatidylinositol-3-Kinase, die an der Insulin-Signaltransduktion beteiligt ist [27]. Diese Beobachtungen sind wichtig, da sie einen Mechanismus zeigen, der mit der erhöhten Glukoseaufnahme im Muskel, einem entscheidenden Gewebe für die Blutzuckerkontrolle, übereinstimmt [19,27]. Aus pathophysiologischer Sicht stellt der Skelettmuskel tatsächlich den wichtigsten peripheren Ort der Glukoseverwertung nach den Mahlzeiten dar, und seine Insulinresistenz ist einer der Eckpfeiler des Typ-2-Diabetes. Wenn AMPK aktiviert wird, interpretiert die Zelle einen Zustand begrenzter Energieverfügbarkeit und reagiert, indem sie den Eintritt von Substraten und die Optimierung ihrer Verwendung fördert. Ingwer scheint daher auf einen Regulationsknoten einzuwirken, der Energiesignal, Glukosetransport und Insulinsensitivität miteinander verbindet, mit einer biologischen Plausibilität, die über den symptomatischen Effekt hinausgeht. Die Verbindung zum Lipidstoffwechsel ist experimentell ebenso solide. Bei Ratten, die mit einer fettreichen Diät gefüttert wurden, schwächte 6-Gingerol die AMPK-NF- κ B-Achse ab, d.h. den Schaltkreis, der den Energiesensor mit dem nukleären Faktor Kappa B in Beziehung setzt, wodurch entzündliche Signale reduziert und das Stoffwechselprofil verbessert wurden [21]. In einem Mausmodell der hepatischen Steatose, d.h. der Fettansammlung in der Leber, reduzierte 6-Gingerol die Lipidansammlung, Entzündungen und oxidativen Stress durch die Aktivierung von LKB1/AMPK, einem Weg, der eine vorgeschaltete Kinase mit der zellulären Energieregulation verbindet [23]. Noch spezifischer verbesserte eine Mischung phenolischer Verbindungen aus Ingwer die mitochondriale



Funktion, aktivierte AMPK und reduzierte die Lipidansammlung in Adipozyten, den auf die Fettspeicherung spezialisierten Zellen [22]. Diese Ergebnisse sind biologisch konvergent: Wenn AMPK aktiviert wird, neigt die Zelle dazu, den Lipid-Anabolismus zu reduzieren und die Energieeffizienz zu verbessern, mit günstigen Auswirkungen auf Leber, Muskel und Fettgewebe [21,22,23]. Mit anderen Worten, die Achse wirkt nicht nur auf Glukose, sondern auf die gesamte Bilanz zwischen Energiespeicherung und -verbrauch. Dies ist besonders relevant beim metabolischen Syndrom, wo niedriggradige Entzündungen, Steatose und Insulinresistenz sich gegenseitig verstärken. Der Übergang von AMPK zu mTOR kann daher als energetische Neuausrichtung verstanden werden. AMPK kann mTORC1, den mTOR-Komplex, der das Zellwachstum fördert, durch Zwischenschritte hemmen, die die Kontrolle der Energieverfügbarkeit und die Aktivierung vorgeschalteter Regulationsknotenpunkte umfassen. Funktionell fördert dies Prozesse wie die Autophagie, d.h. das intrazelluläre Recycling beschädigter Komponenten, einen geringeren oxidativen Stress und ein besseres Management der Energiesubstrate. Dieses Schema wird auch durch Studien zu anderen Naturstoffen gut illustriert, die AMPK und mTOR in Muskel- oder Leberzellen modulieren [28,29,30,31]. Das Interesse an Ingwer liegt darin, dass seine Komponenten in dieselbe biologische Architektur zu passen scheinen, mit einer Kohärenz, die sich über mehrere experimentelle Modelle erstreckt [19,21,22,23]. Klinisch kann ein geringerer Druck auf mTOR nützlich sein, wenn ein Nährstoffüberschuss anabole und proinflammatorische Wege ständig aktiv hält. Daher ist die korrekteste Interpretation nicht die eines „Anti-Wachstums“-Effekts, sondern einer Neuausrichtung des Verhältnisses zwischen Energieverfügbarkeit, Zellreparatur und Nährstoffverwertung. Der konzeptionelle Kern ist also klar: Ingwer ist nicht einfach eine „blutzuckersenkende“ Substanz, sondern ein Modulator breiterer Energienetze. Die Aktivierung von AMPK hilft zu erklären, warum die in einigen Humanstudien beobachteten Ergebnisse mit Verbesserungen des Blutzuckerspiegels, der Insulinsensitivität und des Lipidprofils einhergehen. Die Kluft zwischen präklinischer und klinischer

Forschung bleibt jedoch real, und gerade deshalb sollte das Bild als starke biologische Begründung und nicht als endgültiger Beweis für die metabolische Wirksamkeit beim Menschen verstanden werden [19,21,22,23,27]. In der institutionellen Praxis bedeutet dies, den Mechanismus zu würdigen, ohne die Übertragbarkeit experimenteller Daten zu überschätzen. Wenn Ernährung, Gewichtskontrolle, körperliche Aktivität und Therapie integriert werden, kann die mögliche Modulation von AMPK durch Ingwer ein ergänzender, nicht ersetzender Baustein im Management des metabolischen Risikos sein. Um diese Achse geordnet zu lesen, empfiehlt es sich, drei Ebenen zu verfolgen: Die erste betrifft das energetische Stresssignal, das AMPK aktiviert; die zweite umfasst die Regulation von mTOR und der Autophagieprozesse; die dritte wird in den Zielgeweben, insbesondere Muskel, Leber und Adipozyten, beobachtet. Aus dieser Perspektive erscheint das bioaktive Profil von Ingwer kohärent mit seiner Diskussion in der Literatur über Blutzucker, Lipide und Entzündungen [19,21,22,23,27].

- Aktivierung von AMPK als Signal für energetischen Stress;
- Auswirkungen auf mTOR, Autophagie und Glukoseverwertung;
- Auswirkungen auf Muskel, Leber und Fettgewebe;
- Verbindung mit klinischen Biomarkern, die in Studien beobachtet wurden [19,21,22,23,27].

Der nächste Schritt ist zu verstehen, wie sich die einzelnen Ingwerverbindungen in die AMPK-Signalwege in Muskel und Leber einfügen. Daraus wird ersichtlich, warum die Energieachse so relevante Auswirkungen auf Glukose, Lipide und Wachstumssignale hat.

5.1 [11]-Gingerol und AMPK-Aktivierung in Muskelzellen

[11]-Gingerol ist eine der am besten untersuchten Verbindungen, um den Zusammenhang zwischen Ingwer und AMPK zu erklären. In Muskelzellmodellen erhöhte es die Phosphorylierung von AMPKα2, mit einem positiven Effekt auf die Glukoseaufnahme [19]. In C2C12-Zellen erhöhte ein Ingwerextrakt die Expression von GLUT4 bevorzugt über AMPK im Vergleich zu PI3K [27]. Diese Daten sind wichtig, da sie eine Modulation des



Energiesensors und nicht nur eine generische Verbesserung des Blutzuckerspiegels nahelegen. Im Skelettmuskel, wo ein relevanter Teil der postprandialen Glukoseaufnahme stattfindet, stellt das AMPK-Signal einen plausiblen Mechanismus dar, um einen Teil der mit Ingwer beobachteten metabolischen Vorteile zu erklären. Es geht nicht darum, dem [11]-Gingerol eine einzigartige und definitive pharmakologische Wirkung zuzuschreiben, sondern anzuerkennen, dass es sich in ein Anpassungsnetzwerk einfügen kann, das den Eintritt von Glukose in die Zellen fördert, wenn Energie benötigt wird. Dies macht die Verbindung zu einem biologisch kohärenten Kandidaten für weitere Untersuchungen zu Ingwer und Stoffwechsel. Darüber hinaus ergänzt seine Wirkung die Physiologie von Bewegung und Fasten, zwei Zustände, in denen AMPK auf natürliche Weise aktiver wird und den Muskel dazu anregt, die verfügbaren Substrate besser zu nutzen. In diesem Sinne scheint Ingwer mit denselben adaptiven Achsen zu kommunizieren, die der Körper verwendet, um mit Energiedefiziten umzugehen.

5.2 Ingwer, AMPK und Lipidstoffwechsel in der Leber

Die Leber ist eines der Gewebe, in denen die AMPK-Achse von besonderer Bedeutung ist, da sie die Synthese, Oxidation und Speicherung von Lipiden koordiniert. In Modellen einer fettreichen Ernährung verbesserte 6-Gingerol das entzündliche und metabolische Bild über AMPK und NF- κ B [21]. In einem Modell der Lebersteatose milderte 6-Gingerol die Lipidakkumulation, Entzündungen und oxidativen Stress durch Aktivierung von LKB1/AMPK [23]. Diese Interpretation ist besonders nützlich, wenn es um chronischen Kalorienüberschuss und Fettansammlung in der Leber geht, da AMPK dazu neigt, die Bilanz in Richtung einer stärkeren Substratoxidation und eines geringeren anabolen Impulses zu verschieben. Ingwer ist in diesem Zusammenhang nicht als Therapie für Steatose zu verstehen, sondern als Quelle von Verbindungen, die Schlüsselzellwege bei der Kontrolle des Lipidstoffwechsels modulieren können. Das Signal stimmt mit einem wachsenden Interesse an den Auswirkungen von Ingwer und mTOR auf die Energiesteuerung in den metabolisch am stärksten

exponierten Geweben überein. In den genannten Modellen ist die Reduzierung der Entzündung ein entscheidender Aspekt, da Leberentzündungen die Insulinresistenz verstärken und die fortschreitende Verschlechterung der NAFLD begünstigen. Aus diesem Grund beschränkt sich das potenzielle Interesse an Ingwer nicht auf die Triglyceridspeicherung, sondern betrifft das gesamte metabolische Umfeld der Leber.

5.3 Ingwer und mitochondriale Funktion: Energie, Adipozyten und metabolische Flexibilität

Ein weiterer zentraler Aspekt der Beziehung zwischen Ingwer und AMPK betrifft die mitochondriale Funktion. In einer experimentellen Studie verbesserte eine Mischung phenolischer Verbindungen aus Ingwer die Funktion der Mitochondrien, aktivierte AMPK und reduzierte die Lipidakkumulation in Adipozyten [22]. Im Fettgewebe ist dies relevant, da eine bessere mitochondriale Effizienz eine geordnetere Nährstoffverwertung fördert und die Tendenz zur übermäßigen Speicherung begrenzt. In verschiedenen Modellen geht die Aktivierung von AMPK mit einer größeren metabolischen Flexibilität einher, d.h. der Fähigkeit der Zelle, je nach Energieverfügbarkeit zwischen Fettsäureoxidation und Glukoseverwertung zu wechseln. Ingwer wird daher als Modulator eines breiteren bioenergetischen Gleichgewichts betrachtet, nicht als einfaches blutzuckersenkendes Mittel. Dies hilft zu verstehen, warum sein Profil auch im Zusammenhang mit Insulinresistenz, metabolischem Syndrom und Störungen des Lipidstoffwechsels untersucht wird. Die biologische Botschaft ist, dass die Qualität der Energie genauso wichtig ist wie ihre Quantität. Wenn Mitochondrien besser funktionieren, toleriert die Zelle leichter einen Überschuss an Nährstoffen und reduziert die Produktion von Signalen, die oxidativen Stress und chronische Entzündungen unterstützen. In diesem Zusammenhang besteht das Potenzial von Ingwer darin, eine effizientere und weniger ungeordnete Bioenergetik zu fördern, die mit einem stabileren Stoffwechselzustand vereinbar ist.



6. INGWER UND DIE VERBESSERUNG DER INSULINRESISTENZ

In klinischen Studien wurde Ingwer vor allem hinsichtlich seiner möglichen Auswirkungen auf die Insulinsensitivität untersucht, d. h. auf die Fähigkeit der Gewebe, effektiv auf Insulin zu reagieren. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu beachten, dass Insulinresistenz nicht nur ein Laborwert ist, sondern ein Defekt der Reaktion peripherer Gewebe auf das Insulinsignal. Wenn Muskeln, Leber und Fettgewebe weniger effektiv reagieren, kompensiert die Bauchspeicheldrüse dies mit Hyperinsulinämie, d. h. einem Anstieg des zirkulierenden Insulins, während der Blutzuckerspiegel tendenziell ansteigt und das metabolische Risiko zunimmt. In einigen Studien an Personen mit Stoffwechselstörungen reduzierte die Supplementierung das zirkulierende Insulin und den HOMA-IR, den Index, der die Insulinresistenz anhand des Nüchternblutzuckers und des Nüchterninsulins schätzt [1][2]. In der Studie zu Typ-2-Diabetes führten 3 g pro Tag über 3 Monate zu einem signifikanten Rückgang von Blutzucker, HbA_{1c}, dem glykierten Hämoglobin, das den durchschnittlichen Blutzuckerverlauf der Vormonate widerspiegelt, und Insulinresistenz, während in der Folgestudie auch eine Verbesserung des oxidativen Profils beobachtet wurde [1][2]. Diese Ergebnisse sind relevant, da sie einen möglichen Effekt auf mehreren Ebenen der Pathologie anzeigen, nicht nur auf den oberflächlichen Blutzucker. Ingwer wird daher als metabolisches Adjuvans betrachtet, nicht als Ersatz für die Therapie, und seine Nützlichkeit hängt vor allem vom klinischen Kontext ab, in dem er eingesetzt wird. Die Konsistenz des Signals zeigt sich deutlicher bei metabolischem Syndrom und Adipositas, zwei Zuständen, bei denen die Insulinresistenz oft mit einer chronischen Entzündung geringen Grades einhergeht, d. h. einer anhaltenden, aber leichten Aktivierung entzündlicher Prozesse. In einer randomisierten Studie an Personen mit metabolischem Syndrom verbesserten 3 g pro Tag über 8 Wochen verschiedene anthropometrische Parameter, d. h. Körpermaße wie Gewicht und Umfang, und metabolische Parameter, einschließlich des Nüchternblutzuckers [5]. Bei adipösen Patienten mit neu diagnostiziertem T2DM verbesserte die Ingwer-Supplementierung die Blutzuckerkontrolle und das Lipidprofil, d. h. die Verteilung der zirkulierenden Fette [6]. Eine

Meta-Analyse, d. h. eine quantitative Zusammenfassung mehrerer Studien, an übergewichtigen oder adipösen Personen zeigte insgesamt Verbesserungen der metabolischen Profile, wenn auch mit variabler Intensität [7]. Die pathophysiologische Lesart bleibt konsistent: Wenn chronische Hyperinsulinämie Entzündungen und oxidativen Stress fördert, kann ein ernährungsphysiologischer Modulator, der auf mehreren Ebenen wirkt, dazu beitragen, einen Teil des Teufelskreises zu durchbrechen [7][32][9]. In diesem Sinne sollte der Effekt nicht als einfache „Zuckersenkung“ interpretiert werden, sondern als eine mögliche Abschwächung eines biologischen Umfelds, das die Insulinwirkung behindert. Ein weiteres wichtiges Element betrifft die entzündliche und Redox-Komponente, ein Begriff, der das Gleichgewicht zwischen oxidierenden Prozessen und antioxidativen Abwehrmechanismen bezeichnet. In einer der Studien zu Typ-2-Diabetes verbesserten sich neben Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin und HOMA-IR auch hs-CRP, das hochsensitive C-reaktive Protein, das systemische Entzündungen anzeigt, PON-1, ein Enzym, das mit dem Schutz von Lipoproteinen assoziiert ist, TAC, die totale antioxidative Kapazität, und MDA, ein Marker für Lipidperoxidation [2]. Diese Daten sind wichtig, da Insulinresistenz eng mit der Aktivierung proinflammatorischer Wege und der Akkumulation reaktiver Sauerstoffspezies, oxidierender Moleküle, die während des Stoffwechsels entstehen, verbunden ist. In diesem Szenario signalisiert die Reduktion von hs-CRP eine geringere systemische Entzündungsreaktion, während der Anstieg von PON-1 und TAC eine Stärkung der antioxidativen Abwehrmechanismen nahelegt. Die Abnahme von MDA schließlich deutet auf eine Eindämmung der Lipidperoxidation hin, d. h. eines der Hauptmarker für oxidative Membranschäden [2][4][11]. Aus diesem Grund sind die klinischen Daten mit einer breiteren biologischen Wirkung vereinbar, die auch das zelluläre Mikromilieu betrifft, in dem sich die Insulinresistenz entwickelt. Die verfügbaren Übersichten betonen in der Tat, dass die Wirkung von Ingwer nicht auf den Glukosestoffwechsel beschränkt ist, sondern Entzündungen, oxidative Homöostase und Energiesignale betrifft [4][11][9]. Ein weiterer interessanter Bereich ist die nicht-alkoholische Fettlebererkrankung (NAFLD), d. h. die Ansammlung



von Fett in der Leber, die nicht auf Alkohol zurückzuführen ist. In einer randomisierten, doppelblinden, placebokontrollierten klinischen Studie an Patienten mit T2DM und NAFLD verbesserte die Ingwer-Intervention die metabolischen Parameter und das Bild der Fettlebererkrankung [32]. Dieses Ergebnis ist besonders interessant, da es den metabolischen Nutzen mit der hepatischen Pathophysiologie verbindet, wo Insulinresistenz die Akkumulation von Lipiden, Lipotoxizität, d. h. Toxizität aufgrund von überschüssigen Fetten, und oxidativen Stress fördert. In der insulinresistenten Leber werden die Aufnahme und Oxidation von Fettsäuren ineffektiv, während die Lipidsynthese unangemessen aktiv bleiben kann. In einem solchen Kontext kann eine ernährungsphysiologische Intervention, die die oxidative Belastung reduziert und die Energiesignalgebung verbessert, einen konkreten klinischen Nutzen haben. Die zusammenfassende Evidenz wird durch eine Meta-Analyse gestärkt, die die Auswirkungen von Ingwer auf T2DM und Komponenten des metabolischen Syndroms untersuchte und ein günstiges, aber nicht einheitliches Signal für alle Endpunkte berichtete [9]. Dieser Aspekt erfordert interpretative Vorsicht, schwächt aber die Begründung nicht ab: Vielmehr definiert er einen realistischen Anwendungsbereich, in dem der Nutzen bei Personen mit bereits manifester Stoffwechselstörung am plausibelsten ist. Der zentrale Punkt ist also, dass Ingwer besser zu wirken scheint, wenn das Ausgangsproblem bereits vorhanden ist. In diesen Fällen kann seine Wirkung auf das Entzündungsnetzwerk, d. h. auf die Gesamtheit der an Entzündungen beteiligten biologischen Wege, auf oxidativen Stress und auf Energiesignale zu einer messbaren Verbesserung von Parametern wie HOMA-IR, Insulin und Blutzucker führen. Die biologische Plausibilität wird auch durch experimentelle Studien gestützt, die eine Beteiligung von AMPK, einer Kinase, die den zellulären Energiehaushalt reguliert, mTOR, einem Regulator von Wachstum und Stoffwechsel, und Wegen, die mit dem Glukose- und Lipidstoffwechsel zusammenhängen, zeigen [19][20][21][22][23]. Dies beseitigt nicht die Grenzen der Literatur, hilft aber, die Verbindung in ihrem richtigen Kontext zu platzieren: ein ernährungsphysiologisches Adjuvans mit

biologischer Begründung, insbesondere bei Stoffwechselstörungen [1][2][4][11][5][6][7][32][9]. In den folgenden Punkten werden die relevantesten klinischen Daten und die Kontexte, in denen das Signal am solidesten erscheint, näher beleuchtet. Ziel ist es zu verstehen, wann die Verbesserung der Insulinresistenz tatsächlich beobachtbar ist und wann sie nur eine biologische Hypothese bleibt.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten klinischen Daten und die Kontexte, in denen das Signal am solidesten erscheint, näher beleuchtet. Ziel ist es, zu verstehen, wann eine Verbesserung der Insulinresistenz tatsächlich beobachtbar ist und wann sie nur eine biologische Hypothese bleibt.

6.1 Ingwer und Insulinsensitivität: Was Humanstudien zeigen

In klinischen Studien wurde Ingwer vor allem hinsichtlich seines möglichen Einflusses auf die Insulinsensitivität, d.h. die Fähigkeit der Gewebe, effektiv auf Insulin zu reagieren, untersucht. In zwei randomisierten Studien an Patienten mit T2DM reduzierten 3 g pro Tag über 3 Monate das zirkulierende Insulin und HOMA-IR, zusammen mit Blutzucker und HbA_{1c} [1][2]. In einer dieser Studien verbesserten sich auch hs-CRP, PON-1, TAC und MDA, d.h. Indikatoren für Entzündungen, antioxidative Abwehr und oxidative Schäden [2]. Dieses Profil ist wichtig, da die Insulinresistenz nicht nur vom Glukosegehalt abhängt, sondern auch vom entzündlichen Kontext, in dem das Insulinsignal übertragen wird. Auf zellulärer Ebene ist die kohärenteste Hypothese, dass die phenolischen Verbindungen des Ingwers, bioaktive Moleküle pflanzlichen Ursprungs, die Knoten der Stoffwechselregulation beeinflussen und die Interferenz von Zytokinen und freien Radikalen auf die Insulinkaskade reduzieren [11][19][20][21][22]. Ingwer wird daher als metabolisches Adjuvans und nicht als Ersatz für die Therapie betrachtet. Der Leser findet hier den Ausgangspunkt, um zu verstehen, wann das klinische Signal konsistent ist und wann es noch vorläufig bleibt, insbesondere bei Personen mit bereits dokumentierten Stoffwechselstörungen [1][2].



6.2 Ingwer in der Schwangerschaft: Insulinresistenz und Schwangerschaftsdiabetes

Während der Schwangerschaft verändert sich die Glukosephysiologie und die Insulinsensitivität nimmt tendenziell ab, was das Risiko für Schwangerschaftsdiabetes bei prädisponierten Personen erhöht. In einer randomisierten, doppelblinden, placebokontrollierten Studie erhielten Frauen mit GDM und verändertem GTT, d.h. mit Schwangerschaftsdiabetes und verändertem oralen Glukosetoleranztest, Ingwer, was sich günstig auf den Blutzuckerspiegel auswirkte [33]. Diese Daten sind mit Vorsicht zu interpretieren: Die Schwangerschaft ist ein spezifischer klinischer Zustand mit eigenen Ernährungsbedürfnissen und Sicherheitsgrenzen, daher ist das Ergebnis nicht automatisch auf andere Populationen übertragbar [34][35]. Es bleibt jedoch interessant, da es zeigt, dass der potenzielle Effekt auf den Glukosestoffwechsel auch in einem Kontext auftreten kann, in dem die Insulinresistenz teilweise physiologisch ist, aber klinisch relevant werden kann. In pathophysiologischen Begriffen bedeutet dies, dass die Ernährungsunterstützung den metabolischen Druck auf ein System, das bereits einer erhöhten Insulinforderung ausgesetzt ist, abschwächen könnte, ohne das Grundbild der Schwangerschaft zu verändern. Aus diesem Grund wird das Thema oft im Zusammenhang mit der Verträglichkeit von Ingwer mit der Stoffwechselkontrolle in sensiblen Lebensphasen diskutiert [33].

7. INGWER, BLUTZUCKER UND KOHLENHYDRATSTOFFWECHSEL

Die Frage nach Ingwer und Nüchternblutzucker gehört zu den häufigsten, da sie ein sehr konkretes Bedürfnis anspricht: zu verstehen, ob ein Gewürz zur Blutzuckerkontrolle beitragen kann. In Studien zu T2DM, d.h. Typ-2-Diabetes mellitus, reduzierte die Supplementierung mit 3 g pro Tag über 3 Monate den Serumglukosespiegel signifikant, mit einem Rückgang von $19,41 \pm 18,83$ mg/dL in der Studie von Mozaffari-Khosravi und einer ähnlichen Verbesserung in der Studie von Arablou [1][2]. In beiden Fällen betrifft das Signal nicht einen einzelnen Parameter, sondern eine Konstellation von metabolischen Indizes, die sich gemeinsam bewegen.

Dieselbe Literatur berichtet über Verbesserungen von HbA_{1c}, Insulin und Insulinresistenz, d.h. der verminderten Fähigkeit der Gewebe, auf Insulin zu reagieren, mit konsistenten Effekten auch auf hs-CRP, hochsensitives C-reaktives Protein, PON-1, Paraoxonase 1, TAC, totale antioxidative Kapazität, und MDA, Malondialdehyd, in der Studie von Arablou [2]. Dies ist wichtig, da es eine Wirkung nahelegt, die Blutzuckerkontrolle, oxidativen Stress und niedriggradige Entzündungen umfasst. Die Meta-Analyse von 2018 zu T2DM und Komponenten des metabolischen Syndroms bestätigte ein günstiges Signal auf den Blutzucker, wies aber auf die Heterogenität der Protokolle hin [9]. Es ist daher korrekter, von metabolischer Unterstützung als von einer autonomen Therapie zu sprechen. Ingwer ersetzt nicht Diät, körperliche Aktivität und Medikamente, kann aber die Standardstrategien ergänzen, wenn das Ziel darin besteht, die Qualität der Blutzuckerkontrolle zu verbessern. Der postprandiale Stoffwechsel ist entscheidend, da er mit dem Zeitpunkt zusammenfällt, an dem der Körper die Aufnahme von Nährstoffen nach einer Mahlzeit bewältigen muss. In diesem Zusammenhang testete eine randomisierte Studie an 24 nicht-diabetischen Erwachsenen 100 mL wässrigen Ingwerextrakt, der 0,2 g/100 mL enthielt, und beobachtete eine signifikante Reduktion der inkrementellen Fläche unter der Kurve, d.h. der iAUC, des Glukosespiegels und der maximalen postprandialen Konzentration [8]. Diese Daten sind relevant, da sie zeigen, dass die Wirkung nicht auf den Nüchternblutzucker beschränkt ist, sondern die Dynamik beeinflussen kann, mit der Glukose nach der Einnahme verarbeitet wird. Aus pathophysiologischer Sicht sind postprandiale Spitzen eng mit dem kardiometabolischen Risiko verbunden, insbesondere wenn sie mit Hyperinsulinämie und einer ineffizienten peripheren Clearance, d.h. einer verlangsamten Entfernung von Glukose aus dem Blut durch die Gewebe, einhergehen. Eine leichte, aber reproduzierbare Modulation dieser Spitzen kann einen klinischen Wert haben, insbesondere bei Personen mit Prädiabetes, Adipositas oder beginnendem Typ-2-Diabetes. Die korrekte Interpretation erfordert Präzision: Es handelt sich nicht um eine „Blockade“ der Absorption, sondern um eine mögliche Modulation der gesamten Stoffwechselreaktion, wahrscheinlich vermittelt durch



kombinierte Effekte auf die Insulinsekretion, die Gewebeermpfindlichkeit und die hepatische Glukoseverarbeitung. In physiologischer Hinsicht hängt all dies mit der peripheren Glukoseaufnahme und der Funktion der zellulären Transporter zusammen, insbesondere GLUT4, dem Hauptglukosetransporter in Muskelzellen als Reaktion auf Insulin und die Energiepfade [36][37][38]. Die Skelettmuskulatur ist das Hauptgewebe, das für die Glukoseclearance nach einer Mahlzeit verantwortlich ist; wenn GLUT4 korrekt an die Membran transloziert wird, wird der Blutzucker tendenziell besser reguliert [37][39][40]. In experimentellen Modellen scheinen Ingwerverbindungen diese Dynamik über AMPK, Adenosinmonophosphatkinase, und AS160, ein regulatorisches Protein des GLUT4-Traffics, zu fördern [19][41][42][27]. Dieser Schritt ist zentral: AMPK fungiert als Energiesensor und, wenn aktiviert, lenkt es die Zelle zu einer effizienteren Nutzung von Glukose und Energiesubstraten. Parallel dazu erleichtert die Regulierung von AS160 die Translokation von GLUT4 und macht die Reaktion des Muskels auf Insulin schneller. Es handelt sich also nicht um ein einzelnes Ziel, sondern um ein Netzwerk von Signalen, das Stoffwechsel, Energieverfügbarkeit und Reaktion auf oxidativen Stress integriert. Hier fügt sich Ingwer biologisch plausibel ein, insbesondere in Kontexten, in denen Insulinresistenz die normale Glukoseverteilung zwischen Leber, Muskel und Fettgewebe verändert. Insgesamt deutet die Literatur daher darauf hin, dass Ingwer zu einer besseren Regulierung der Kohlenhydrate sowohl im Nüchternzustand als auch nach einer Mahlzeit beitragen kann. Das Bild ist bei Personen mit anfänglichen Stoffwechselstörungen überzeugender, aber die biologische Begründung erstreckt sich auch auf die Physiologie der Glukoseaufnahme. Dies hilft, die Ergebnisse richtig zu interpretieren: Der Nutzen ist weder universell noch für alle gleich, sondern tritt konsistenter auf, wenn das Stoffwechselsystem bereits unter Stress steht. Daraus ergibt sich der natürliche Übergang zum täglichen Gebrauch und zu praktischen Konsummethoden, die dazu beitragen, die Daten in ein realistisches Ernährungsverhalten zu übersetzen [1][2][9][19][41][27][8]. Die häufigsten Fragen konzentrieren sich auf:

- Kontrolle des Nüchtern- und postprandialen Blutzuckers;
- Rolle beim Glukosetransport und -verbrauch;
- Unterschiede zwischen Lebensmittel- und Nahrungsergänzungsmittelgebrauch;
- Interesse bei Personen mit Stoffwechselstörungen;
- Interpretation von Glukosespitzen nach den Mahlzeiten [1][2][9][8].

Die häufigste klinische Frage betrifft den Nüchternblutzucker, aber das Verhalten des Glukosespiegels wird nicht nur an einem einzelnen Wert gemessen. Nach den Mahlzeiten spielen nämlich die postprandiale Reaktion und die zellulären Mechanismen, die die Kohlenhydratverwertung steuern, eine Rolle.

7.1 Ingwer und Nüchternblutzucker: Echte Vorteile oder überzogene Erwartungen?

Die Frage nach Ingwer und Nüchternblutzucker gehört zu den häufigsten, da sie ein praktisches Bedürfnis aufgreift: zu verstehen, ob ein Gewürz zur Zuckerkontrolle beitragen kann. In Studien zu T2DM, d.h. Typ-2-Diabetes mellitus, reduzierten 3 g pro Tag über 3 Monate den Serumglukosespiegel um $19,41 \pm 18,83$ mg/dL in der randomisierten Studie von Mozaffari-Khosravi und bestätigten einen ähnlichen Effekt in der Studie von Arablou [1][2]. Parallel dazu berichteten dieselben Studien über Verbesserungen von HbA1c, Insulin und Insulinresistenz, d.h. der verminderten Fähigkeit der Gewebe, auf Insulin zu reagieren, während Arablou auch Reduktionen von hs-CRP, hochsensitivem C-reaktivem Protein, und MDA, Malondialdehyd, mit einem Anstieg von PON-1, Paraoxonase 1, und TAC, totaler antioxidativer Kapazität, beobachtete [2]. Dieses Profil stimmt mit einer Intervention überein, die nicht nur auf den zirkulierenden Glukosegehalt wirkt, sondern auch auf den oxidativen und entzündlichen Zustand, der Typ-2-Diabetes begleitet. Die Meta-Analyse von 2018 fand ein günstiges Signal für den Blutzucker, wenn auch in einem heterogenen Kontext [9]. Es ist wichtig, vereinfachende Schlussfolgerungen zu vermeiden: Ingwer kann als Unterstützung interessant sein, ersetzt aber nicht Diät, körperliche Aktivität und Therapie. Diese Unterscheidung ist auch aus redaktioneller Sicht von grundlegender Bedeutung, da sie es ermöglicht, die Forschung zu beantworten, ohne



sie mit den Teilen zu überlagern, die der Insulinresistenz oder dem Typ-2-Diabetes gewidmet sind. Der beste Ansatz ist der der Physiologie: wie Ingwer in die metabolische Glukoseverwaltung passt, insbesondere wenn die Blutzuckerkontrolle bereits beeinträchtigt ist.

7.2 Ingwer und postprandialer Stoffwechsel: Was nach den Mahlzeiten passiert

Der postprandiale Stoffwechsel ist entscheidend, da er den Zeitpunkt darstellt, an dem der Körper die Nährstoffaufnahme nach einer Mahlzeit verwalten muss. In diesem Zusammenhang wird Ingwer auf seine mögliche Wirkung auf die glykämische Reaktion und die Glukoseverwertung in den Geweben untersucht. Eine randomisierte Studie mit 24 nicht-diabetischen Erwachsenen verwendete 100 ml wässrigen Ingwerextrakt mit 0,2 g/100 ml und beobachtete eine signifikante Reduktion der iAUC, d.h. der inkrementellen Fläche unter der Kurve, des Glukosespiegels und der maximalen Konzentration nach der Mahlzeit [8]. Das Interesse ist besonders groß für diejenigen, die einfache Ernährungsstrategien zur Reduzierung von Spitzenwerten suchen. Aus physiologischer Sicht hängen diese Spitzen von der Geschwindigkeit der intestinalen Absorption, der Insulinsekretion und der Fähigkeit der peripheren Gewebe ab, Glukose aufzunehmen. Wenn einer dieser Schritte ineffizient ist, bleibt der postprandiale Blutzuckerspiegel tendenziell länger erhöht, was die gesamte Stoffwechselbelastung erhöht. Ingwer scheint modulierend zu wirken, ohne die physiologische Reaktion aufzuheben, sondern sie potenziell geordneter zu gestalten. Die korrekte Interpretation erfordert jedoch Präzision: Es handelt sich nicht um eine „Blockade“ der Absorption, sondern um eine mögliche Modulation der gesamten Stoffwechselreaktion. Das Thema ist auch nützlich, um die traditionelle Verwendung des Gewürzes von den verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen zu unterscheiden, die oft vorsichtiger sind als die allgemeinen Erwartungen.

8. INGWER IN DER PRAXIS: DOSIS, FORMEN UND VERWENDUNG IN DER ERNÄHRUNG

Frischer Ingwer und Ingwerpulver sind in der Praxis nicht gleichwertig, da sie sich in Format, Konzentration und Anwendungsweise unterscheiden. In klinischen Studien, d.h. experimentellen Studien am Menschen, wurde am häufigsten Pulver in Kapseln verwendet, oft in einer Dosis von 3 g pro Tag über 8-12 Wochen oder 3 Monate, wie in Studien zu Diabetes, metabolischem Syndrom und Adipositas [1][2][5][6][9]. Diese Wahl ist nicht zufällig, denn das Pulver ermöglicht eine bessere Standardisierung, was nützlich ist, wenn man die Wirkung von Gingerolen und Shogaolen auf Blutzucker, Entzündungen und Stoffwechsel vergleichen möchte. Gingerole und Shogaole sind bioaktive Verbindungen, d.h. natürlich im Ingwer vorkommende Substanzen, die für einen Teil seiner biologischen Aktivitäten verantwortlich sind. Im Lebensmittelbereich hängt die gewählte Form jedoch hauptsächlich von Aroma, Benutzerfreundlichkeit und Verträglichkeit ab. Frisch ist in der Küche vielseitiger, während Pulver einfacher zu dosieren ist. Der nützlichste Aspekt ist zu verstehen, dass die gewählte Form mit dem Ernährungsziel, der Verträglichkeit und der einfachen Einhaltung über die Zeit hinweg übereinstimmen muss. Dies gilt auch, wenn man eine Anwendung zur Stoffwechselunterstützung anstrebt, da die Wirkung von der Kontinuität abhängt, nicht von einer einmaligen Anwendung. Die Dosis ist ein entscheidender Punkt, denn das, was klinisch untersucht wurde, stimmt nicht immer mit dem spontanen Verzehr in der Ernährung überein. In den Studien hat sich die Menge von 3 g pro Tag mehrfach als operativer Referenzwert erwiesen [1][2][5][6]. Bei Patienten mit Typ-2-Diabetes führten beispielsweise 3 g/Tag über 3 Monate zu einer Reduktion von Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin und HOMA-IR im Vergleich zu Placebo bei 41 Patienten, 22 in der Ingwergruppe und 19 in der Placebogruppe [1]. HbA_{1c}, d.h. glykiertes Hämoglobin, spiegelt den durchschnittlichen Blutzuckerlauf in den vorangegangenen Wochen wider. HOMA-IR ist ein Index der Insulinresistenz und schätzt somit, wie schwierig der Körper auf Insulin reagiert. Eine weitere Studie, ebenfalls mit 3 g/Tag über 3 Monate bei Erwachsenen mit T2DM, zeigte Verbesserungen bei



Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin, Insulinresistenz, hs-CRP, PON-1, TAC und MDA [2]. hs-CRP ist hochsensitives C-reaktives Protein, ein Indikator für systemische Entzündungen. PON-1, oder Paraoxonase-1, ist ein Enzym, das mit dem Schutz vor oxidativem Stress assoziiert ist. TAC, d.h. die totale antioxidative Kapazität, gibt das gesamte Abwehrpotential gegen freie Radikale an. MDA, oder Malondialdehyd, ist ein Marker für Lipidperoxidation und signalisiert somit oxidative Schäden an Lipiden. Diese Daten deuten auf ein klinisches Interesse insbesondere für die metabolische und oxidative Kontrolle hin, definieren aber keine universelle Dosis. Für den täglichen Gebrauch gibt es in der Tat keine einzige Schwelle, da Kochgewohnheiten, individuelle Empfindlichkeit und der diätetische Kontext stark variieren. Die Kernbotschaft ist, dass die Kontinuität der Anwendung, wenn gewünscht, wichtiger ist als die gelegentliche Intensität, insbesondere wenn es um die tägliche Ernährung geht. Mit anderen Worten, eine moderate und regelmäßige Anwendung ist realistischer als eine sporadische und konzentrierte Anwendung. In Präventionsprogrammen ist dieser Aspekt auch wichtig, um die Ernährung nicht mit Erwartungen zu überladen, die nicht proportional zu den verfügbaren Daten sind. Wichtig bleibt auch die Unterscheidung zwischen Lebensmittelverwendung und ergänzender Verwendung. Ingwer in der Küche liefert eine andere und weniger standardisierte Menge an bioaktiven Verbindungen als Kapseln oder Extrakte und sollte daher nicht mit klinischen Protokollen gleichgesetzt werden. Das bedeutet nicht, dass er nutzlos ist, sondern dass er als Teil eines breiteren Ernährungsmusters, d.h. einer kohärenten Reihe von Ernährungsentscheidungen, betrachtet werden sollte. Das Gleiche gilt für Getränke oder Aufgüsse: Sie können praktisch und gut verträglich sein, ersetzen aber keine kontrollierten Studien. Die klinische Literatur und Übersichten legen in der Tat nahe, dass die Auswirkungen auf Stoffwechsel, Lipide und Entzündungen deutlicher werden, wenn das Produkt gut charakterisiert und regelmäßig eingenommen wird [4][11][24]. Für diejenigen, die eine praktische Orientierung suchen, ist das beste Kriterium die Übereinstimmung mit der persönlichen Ernährung, nicht die Suche nach einem sofortigen Effekt [1][2][5][6][8]. In diesem Sinne ist die Verwendung von Ingwer als Lebensmittel als

realistische Unterstützung zu interpretieren, nicht als isolierte Intervention. Je mehr der Konsum in eine insgesamt ausgewogene Ernährung integriert wird, desto plausibler ist es, dass er sich mit den in Studien beobachteten Vorteilen bei der Blutzuckerkontrolle, oxidativem Stress und systemischer Entzündung ergänzt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der korrekteste Weg, Ingwer im Alltag zu verwenden, darin besteht, die am besten handhabbare Form zu wählen, eine angemessene Menge beizubehalten und ihm keine Eigenschaften zuzuschreiben, die unabhängig vom Lebensstil sind. Der Zusammenhang mit der Sicherheit ist unmittelbar: Je konzentrierter die Form ist, desto größer ist die Notwendigkeit, Verträglichkeit und individuellen Kontext zu bewerten [1][2][5][6]. Diese Vorsicht ist besonders relevant in der Schwangerschaft, wo institutionelle Empfehlungen Ingwer als mögliche Option gegen Übelkeit betrachten, aber immer innerhalb eines geeigneten klinischen Rahmens [34][35]. Auch außerhalb der Schwangerschaft bleibt die Logik dieselbe: einfache Anwendung, vernünftige Dosis, klares Ziel und Aufmerksamkeit für die persönliche Reaktion. So wird Ingwer zu einem plausiblen funktionellen Lebensmittel, nicht zu einer therapeutischen Abkürzung. Um den täglichen Gebrauch korrekt zu organisieren, sollte man Folgendes berücksichtigen:

- Lebensmittelformen und Anwendungsunterschiede;
- Richtmengen und Häufigkeit des Verzehrs;
- häufige Fehler bei der häuslichen Zubereitung;
- Verträglichkeit mit Gewohnheiten und Ernährungszielen;
- Unterschied zwischen kulinarischer Verwendung und klinischen Studien [1][2][5][6][8].

Die beiden praktischen Fragen sind einfach: welche Form soll verwendet werden und in welcher Menge. Die beiden folgenden H₃-Überschriften übersetzen diese Aspekte in alltägliche Entscheidungen und eine Anwendung, die näher an klinischen Daten ist.



8.1 Frischer Ingwer oder Ingwerpulver: praktische und ernährungsphysiologische Unterschiede

Zwischen frischem Ingwer und Ingwerpulver ist der wichtigste Unterschied im Alltag die Verwendung. Frischer Ingwer eignet sich gut für Aufgüsse, herzhafte Gerichte, Saucen und schnelle Zubereitungen; Pulver ist bequemer, wenn eine wiederholbare Messung erforderlich ist und wenn man sich den in klinischen Studien untersuchten Dosierungen annähern möchte. Auch die Stabilität ändert sich: Trocknung und Verarbeitung verändern das Profil der scharfen Verbindungen wie Gingerole und Shogaole und damit die wahrgenommene Intensität. Dies hat konkrete Auswirkungen, denn die Bioverfügbarkeit, d.h. der Anteil der Substanz, der tatsächlich in den Kreislauf gelangt, und die Konstanz der Einnahme hängen auch von der Lebensmittelmatrix und der Art der Lagerung des Produkts ab. Für den Leser bedeutet dies eine einfache Sache: Es gibt keine universell bessere Form, aber es gibt eine Form, die für den jeweiligen Zweck besser geeignet ist. Wenn das Ziel die tägliche Lebensmittelverwendung ist, bleibt das Hauptkriterium die Praktikabilität; wenn das Ziel der Vergleich mit experimentellen Daten ist, ist die Pulverform oder standardisierte Form näher an den Studienprotokollen [43][44]. In dieser Perspektive erleichtert das Pulver die Wiederholung der Ernährungsgeste, während frischer Ingwer mehr kulinarische Flexibilität bietet. Beide Optionen können sinnvoll sein, solange sie kohärent in den diätetischen Kontext eingefügt werden und die Größe des Effekts nicht überschätzt wird.

8.2 Wie man Ingwer im Alltag ohne Übertreibung verwendet

Ingwer in die tägliche Ernährung aufzunehmen ist besonders nützlich, wenn seine Präsenz konstant und in das Ernährungsmuster integriert ist, nicht gelegentlich und zufällig. In den am häufigsten zitierten klinischen Studien betrug die Referenzmenge 3 g/Tag über 3 Monate [1][2], während in einer Studie an nicht-diabetischen Erwachsenen 100 ml wässriger Extrakt, entsprechend 0,2 g/100 ml, die iAUC und Cmax des Glukosespiegels reduzierten [8]. Die iAUC, d.h. die inkrementelle Fläche unter der Kurve,

beschreibt den gesamten Anstieg des Blutzuckers nach einer Mahlzeit oder einem Getränk. Die Cmax ist die maximale Konzentration, die Glukose im Blut erreicht. Diese Zahlen helfen zu verstehen, dass die häusliche Praxis mit der Forschung übereinstimmen kann, sie aber nicht ersetzt: In der Küche variieren die tatsächlich aufgenommenen Gramm stark je nach Rezepten, Häufigkeit und Portionen. Darüber hinaus kann die individuelle Reaktion je nach Gesamternährung, dem Vorhandensein anderer Ballaststoffquellen und der Qualität der Mahlzeit variieren. Daher lautet die korrekteste Botschaft nicht „so viel Ingwer wie möglich“, sondern „regelmäßiger, realistischer und gut verträglicher Gebrauch“. In einer ausgewogenen Ernährung kann Ingwer Mahlzeiten und Getränke begleiten, ohne zum Mittelpunkt der Ernährungsstrategie zu werden. Ziel ist es, ein funktionell interessantes Lebensmittel aufzuwerten, dabei aber klare Prioritäten zu setzen: Vielfalt, Energiegleichgewicht und Kontinuität gesunder Gewohnheiten. So bleibt seine Verwendung glaubwürdig, nachhaltig und mit einer vernünftigen Ernährungsprävention vereinbar.

9. INGWER, SICHERHEIT UND RISIKOGRUPPEN

Die Sicherheit von Ingwer wurde in der Schwangerschaft besonders sorgfältig untersucht, d. h. in der Zeit, in der das Gleichgewicht zwischen erwartetem Nutzen und klinischer Vorsicht am empfindlichsten ist. Die Leitlinie der Weltgesundheitsorganisation führt Ingwer neben anderen Möglichkeiten als eine der empfohlenen Optionen zur Linderung von Übelkeit in der Frühschwangerschaft auf, basierend auf den Präferenzen der Frau und den verfügbaren Optionen [34]. Das professionelle Merkblatt der NIH weist jedoch darauf hin, dass Botanicals, d. h. pflanzliche Produkte, die zu Gesundheitszwecken verwendet werden, während der Schwangerschaft aufgrund möglicher Sicherheitsbedenken Vorsicht erfordern [35]. Dieser doppelte Hinweis ist sehr nützlich, da er einen präzisen Gleichgewichtspunkt aufzeigt: Ingwer kann in bestimmten Kontexten eine symptomatische Rolle spielen, aber das bedeutet nicht, dass er automatisch in jeder klinischen Situation oder in jeder Dosis angemessen ist [34][35]. Mit anderen Worten, die potenzielle Wirksamkeit beseitigt nicht die



Notwendigkeit, Exposition, Dauer und Anfälligkeit der Patientin zu bewerten. Außerhalb der Schwangerschaft hängt die Verträglichkeit hauptsächlich von der individuellen Empfindlichkeit ab. Im Allgemeinen wird das Lebensmittel gut vertragen, aber hohe Konzentrationen oder Extrakte können bei anfälligen Personen mit gastrointestinalen Beschwerden, d. h. Magen-Darm-Beschwerden, verbunden sein. Die Literatur zu entzündlichen Erkrankungen und Darmprozessen hilft, diese Beobachtung zu kontextualisieren, da Ingwer mit der Darmbarriere, d. h. dem Abwehrsystem der Schleimhaut, und mit der mukosalen Entzündung, d. h. der Entzündung der inneren Oberfläche des Darms, interagiert; daher ist es vernünftig, je nach Ausgangszustand unterschiedliche Reaktionen zu erwarten [14][15]. Auch die Art der Einnahme spielt eine Rolle: Ein moderater Verzehr als Lebensmittel ist nicht gleichbedeutend mit einem konzentrierten Nahrungsergänzungsmittel. Daher sollte die Wahrnehmung von „Natürlichkeit“ nicht mit Abwesenheit von Risiko verwechselt werden. Auf pathophysiologischer Ebene, d. h. der gestörten Funktion von Geweben und Organen, können eine bereits gereizte Schleimhaut, eine veränderte Mikrobiota oder eine erhöhte viszerale Reaktivität, d. h. des Darms und der inneren Organe, Effekte deutlicher machen, die bei anderen Personen minimal oder nicht vorhanden sind. Ein weiteres wichtiges Element ist das Vorhandensein von Begleittherapien, d. h. Behandlungen, die im selben Zeitraum eingenommen werden, oder spezifischen klinischen Bedingungen. Obwohl das in diesem Artikel verfügbare Material in Bezug auf den Stoffwechsel und die Schwangerschaft solider ist, bleibt das Vorsichtsprinzip gültig, wenn Ingwer als Nahrungsergänzungsmittel und nicht als einfaches Gewürz verwendet wird. In jeder Risikosituation sollte die Entscheidung immer auf den individuellen Kontext bezogen werden. Die Sicherheit widerspricht also nicht dem potenziellen Nutzen: Sie ergänzt ihn, da sie es ermöglicht zu verstehen, wo die Anwendung plausibel ist und wo größere Vorsicht geboten ist [34][35][14]. Dies ist besonders relevant, wenn Ingwer zusammen mit Medikamenten oder komplexen Therapieplänen eingesetzt wird, bei denen selbst eine geringe Auswirkung auf die Verträglichkeit oder den Stoffwechsel nicht zu vernachlässigende klinische

Folgen haben kann. Die abschließende Botschaft ist, dass Ingwer nützlich sein kann, aber als biologisch aktive Substanz und nicht als neutraler Inhaltsstoff behandelt werden sollte. Die Unterscheidung zwischen täglichem Lebensmittel, Extrakt und Nahrungsergänzungsmittel ist entscheidend, um die Daten korrekt zu interpretieren und ohne Vereinfachungen anzuwenden. Daraus ergibt sich die Verbindung zum Thema der Qualität der Evidenz, die hilft, das wissenschaftliche Signal von der weit verbreiteten Erwartung zu unterscheiden [34][35][14]. Darüber hinaus erklären dieselben antioxidativen und entzündungshemmenden Eigenschaften, die das klinische Interesse an Ingwer untermauern, auch, warum das Sicherheitsprofil im Kontext der Dosis und der Anfälligkeit des Wirts interpretiert werden muss und nicht als abstraktes und unveränderliches Merkmal. Die zu überwachenden Bereiche sind:

- Verdauungsverträglichkeit und mögliche Nebenwirkungen;
- Schwangerschaft und empfindliche Bevölkerungsgruppen;
- Wechselwirkungen mit Therapien oder Vorerkrankungen;
- Grenzen der Langzeitanwendung und Dosierung;
- Notwendigkeit, die Verwendung als Lebensmittel und als Nahrungsergänzungsmittel zu unterscheiden [34][35][14].

Die Sicherheit von Ingwer muss im Verhältnis zur Dosis, zur Darreichungsform und zum klinischen Zustand der Person betrachtet werden. Die beiden heikelsten Fälle sind die Schwangerschaft und die Anwendung von Extrakten oder Nahrungsergänzungsmitteln bei empfindlichen Personen.

9.1 Ist Ingwer schädlich? Wann kann er Probleme verursachen?

Ingwer ist nicht absolut „problematisch“, kann es aber werden, wenn die Dosis steigt oder wenn die Person eine besondere Verdauungsempfindlichkeit hat. Sodbrennen, paradoxe Übelkeit, Völlegefühl oder Magenbeschwerden sind die wahrscheinlichsten Auswirkungen bei prädisponierten Personen, insbesondere wenn man von der Verwendung als Lebensmittel zu konzentrierteren Zubereitungen übergeht. Der klinische Punkt ist nicht, das Gewürz zu



verteufeln, sondern zu erkennen, dass eine aktive Substanz für viele gut verträglich sein kann und für andere weniger geeignet ist. Dies gilt umso mehr, wenn die Einnahme über längere Zeiträume oder ohne bestimmten Grund erfolgt. Eine vorsichtige Betrachtung legt nahe, bei bereits bestehenden gastrointestinalen Beschwerden mit minimalen Mengen zu beginnen und Automatismen bezüglich der vermeintlich „natürlichen“ und immer harmlosen Wirkung zu vermeiden. Bei Patienten mit Darmentzündungen oder erhöhter mukosaler Permeabilität, d.h. einem leichteren Durchtritt von Substanzen durch die Schleimhaut, kann sich das Verhältnis zwischen Nutzen und Verträglichkeit schnell ändern, was einen progressiven und personalisierten Ansatz sinnvoll macht. Auch die Variabilität zwischen Pulvern, Extrakten und hausgemachten Zubereitungen trägt dazu bei, zu erklären, warum es keine einzige Antwort für alle gibt.

9.2 Ingwer in der Schwangerschaft: Sicherheit, Vorsicht und Kontext

Die Schwangerschaft ist die am häufigsten diskutierte Risikogruppe, wenn es um Ingwer geht. Die WHO-Leitlinien führen ihn als eine Option zur Linderung von Übelkeit in der Frühschwangerschaft auf, aber das NIH-Merkblatt weist darauf hin, dass pflanzliche Mittel in der Schwangerschaft Vorsicht erfordern [34][35]. Dies stellt keinen Widerspruch dar: Es zeigt lediglich, dass ein möglicher symptomatischer Nutzen die Notwendigkeit einer Einzelfallprüfung nicht aufhebt. In der Praxis zählen die Dauer der Anwendung, die Produktform und das gesamte klinische Bild, da die gleiche Menge bei verschiedenen Personen unterschiedlich gut vertragen werden kann. Schwangerschaftsübelkeit entsteht durch eine Kombination aus hormonellen, neurovegetativen und gastrointestinalen Faktoren; daher kann eine symptomatische Intervention sinnvoll sein, sofern sie in einen abgestimmten Behandlungsplan eingebettet ist. Der Verweis auf die verfügbaren Optionen [34] hilft, Ingwer als eine Möglichkeit unter mehreren Mitteln zu verstehen, nicht als ein obligatorisches Heilmittel. In der Schwangerschaft sollte Ingwer daher als eine potenzielle Hilfe betrachtet werden, die in eine wohlüberlegte Strategie integriert wird, und nicht als eine automatische Lösung, die ohne klinische Rücksprache eingenommen wird.

10. INGWER, WISSENSCHAFTLICHE EVIDENZ UND OFFENE FRAGEN

Die Forschung zu Ingwer umfasst sehr unterschiedliche Evidenzstufen, von Zellmodellen bis hin zu klinischen Studien, d.h. experimentellen Studien am Menschen. Dementsprechend muss die Interpretation hierarchisch sein: Labordaten helfen bei der Formulierung biologischer Hypothesen, reichen aber nicht aus, um Effekte beim Menschen nachzuweisen [11][13][16][19]. Klinische Studien hingegen bieten Informationen, die näher am tatsächlichen Gebrauch sind, aber oft mit begrenzten Stichproben, kurzer Dauer oder heterogenen Einschlusskriterien. In der Praxis ist Ingwer als Nutrazeutikum zu verstehen, d.h. als ein Lebensmittel oder Extrakt mit potenziellem physiologischem Wert, das in bestimmten Bereichen konsistente Signale liefern kann, nicht als Universallösung. Der Wert dieses Teils liegt gerade darin, Ordnung zu schaffen und sowohl übermäßige Begeisterung als auch absolute Skepsis zu vermeiden. Meta-Analysen, d.h. statistische Zusammenfassungen mehrerer Studien, sind besonders nützlich, wenn man verstehen möchte, ob ein in verschiedenen Studien beobachteter Effekt dazu neigt, sich zu wiederholen. Im Fall von Ingwer fand die Meta-Analyse von 2018 zu T2DM, d.h. Typ-2-Diabetes mellitus, und Komponenten des metabolischen Syndroms ein günstiges Signal bei mehreren Stoffwechselfparametern [9]. Die systematische Übersicht und Meta-Analyse zu Entzündungsmarkern bestätigte eine Reduktion von CRP, hs-CRP und TNF- α , aber nicht von IL-6 und sICAM [3]. Dieser Aspekt ist klinisch relevant, da er eine selektive und nicht undifferenzierte Wirkung auf die systemische Entzündung nahelegt. Eine GRADE-bewertete, d.h. mit dem GRADE-System für die Qualität der Evidenz bewertete, und dosis-response-orientierte, d.h. auch auf die Beziehung zwischen Dosis und Wirkung ausgerichtete, neuere Übersicht hat die Aufmerksamkeit auf mögliche antioxidative und entzündungshemmende Wirkungen verstärkt, wobei eine kritische Lektüre der Literatur beibehalten wurde [4]. Die nützlichsten Daten betreffen die nur teilweise Kohärenz der Beweise. RCTs, d.h. randomisierte klinische Studien, zu Typ-2-Diabetes, metabolischem Syndrom, Adipositas und NAFLD, d.h. nicht-alkoholischer Fettlebererkrankung, zeigen oft



eine günstige Richtung, aber das Ausmaß des Effekts variiert je nach Dosis, Dauer und Eigenschaften der Teilnehmer [1][2][5][6][32][9]. In einer Studie beispielsweise reduzierte die Supplementierung mit 3 g/Tag über 3 Monate bei 41 Patienten mit T2DM, 22 in der Ingwergruppe und 19 in der Placebogruppe, den Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin und HOMA-IR im Vergleich zu Placebo [1]. HbA_{1c}, d.h. glykiertes Hämoglobin, spiegelt den durchschnittlichen Blutzuckerverlauf der vorangegangenen Wochen wider, während HOMA-IR die Insulinresistenz schätzt. Eine weitere Studie, ebenfalls mit 3 g/Tag über 3 Monate bei Erwachsenen mit T2DM, beobachtete Verbesserungen bei Blutzucker, HbA_{1c}, Insulin, Insulinresistenz, hs-CRP, PON-1, TAC und MDA [2]. hs-CRP ist ein hochsensitives C-reaktives Protein, das als Indikator für eine geringgradige Entzündung nützlich ist; PON-1, d.h. Paraoxonase 1, ist ein Enzym, das mit dem Schutz vor Lipidoxidation assoziiert ist; TAC, oder totale antioxidative Kapazität, misst die Gesamtheit der antioxidativen Abwehrkräfte; MDA, d.h. Malondialdehyd, ist ein Marker für oxidativen Stress. Diese Daten sind nützlich, da sie eine Wirkung zeigen, die sowohl die Blutzuckerkontrolle als auch das oxidativ-entzündliche Profil betrifft. Gleichzeitig bleiben die Ergebnisse zu Gewicht und Stoffwechselprofil bei übergewichtigen oder fettleibigen Erwachsenen variabler, was dazu anregt, nicht über die verfügbaren Beweise hinaus zu verallgemeinern [5][7]. Aus pathophysiologischer Sicht, d.h. der Krankheitsmechanismen, ist die Begründung plausibel. Die wichtigsten bioaktiven Verbindungen des Rhizoms, wie Gingerole und Shogaole, können das Redox-Gleichgewicht, d.h. das Gleichgewicht zwischen Oxidantien und Antioxidantien, die Insulinsignalisierung und einige proinflammatorische Wege beeinflussen [11][13][19]. Die Daten zu mTOR, einem Proteinkomplex, der Zellwachstum und -stoffwechsel reguliert, zu AMPK, einer Kinase, die als Energiesensor fungiert, und zu anderen zellulären Mechanismen stammen hauptsächlich aus experimentellen Modellen und sind als biologische Grundlagen zu verstehen, nicht als direkte klinische Bestätigungen [16][19][21][22][23]. Insbesondere die Aufmerksamkeit für AMPK ist wichtig, da diese Kinase die periphere Glukoseverwertung verbessern kann. Ebenso kann die Hemmung von entzündungsbezogenen Wegen einen Teil des

beobachteten Nutzens bei Biomarkern wie hs-CRP und TNF- α erklären [4][3]. Die Unterscheidung zwischen mechanistischer Plausibilität und klinischem Nachweis bleibt daher für eine rigorose Lektüre unerlässlich. Deshalb ist die abschließende Botschaft weder feierlich noch reduzierend. Ingwer hat eine breite wissenschaftliche Basis, mit einigen soliden und anderen noch in der Konsolidierung befindlichen Bereichen. Die Literatur deutet auf ein potenzielles Interesse als Ernährungsunterstützung hin, insbesondere in metabolischen Kontexten, erlaubt aber keine interpretativen Abkürzungen [1][2][4][11][7][9][3]. Die Frage ist nicht, ob es absolut „funktioniert“, sondern unter welchen Bedingungen, in welcher Dosis und für welche klinischen Endpunkte, d.h. messbare, gesundheitsrelevante Ergebnisse. Daraus ergibt sich auch die Qualität des Inhalts für diejenigen, die zuverlässige Informationen suchen: Der Leser erhält ein nützliches Bild, gerade weil es differenziert, abgestuft und gut kontextualisiert ist. Die wichtigsten redaktionellen Fragen sind:

- was die Wissenschaft konsistent aussagt;
- wie viel Meta-Analysen und klinische Studien wiegen;
- welche Ergebnisse vorläufig bleiben;
- welche Mythen eine vorsichtige Lektüre erfordern;
- wie man Mechanismen und Beweise am Menschen unterscheidet [1][2][4][11][7][9][3].

Die zuverlässigsten Erkenntnisse sollten stufenweise gelesen werden: zuerst die Studienzusammenfassungen, dann die einzelnen Studien, schließlich die mechanistischen Daten. Auf diese Weise versteht man besser, was bereits belegt ist und was noch überprüft werden muss.

10.1 Was die Wissenschaft über Ingwer sagt: zwischen klinischen Studien und Labor

Die Forschung zu Ingwer umfasst sehr unterschiedliche Evidenzstufen, von Zellmodellen bis hin zu klinischen Studien, d.h. experimentellen Studien am Menschen. Dementsprechend muss die Interpretation hierarchisch erfolgen: Labordaten helfen bei der Formulierung biologischer Hypothesen, reichen aber nicht aus, um Effekte beim Menschen nachzuweisen [11][13][16][19]. Klinische Studien hingegen liefern Informationen, die näher am



tatsächlichen Gebrauch sind, aber oft mit begrenzten Stichproben, kurzen Dauern oder heterogenen Protokollen. Die Übersicht über den Zusammenhang zwischen Ingwer und oxidativem Stress, d.h. der Gesamtheit der Schäden, die durch einen Überschuss an reaktiven Spezies verursacht werden, zeigt, dass einige antioxidative Wirkungen plausibel sind, aber im Kontext der methodischen Qualität der einzelnen Studien gelesen werden müssen [45]. Es ist auch wichtig zu bedenken, dass die Bioverfügbarkeit der aktiven Verbindungen, d.h. der Anteil, der tatsächlich den Kreislauf und die Gewebe erreicht, variieren kann, ebenso wie die verwendete Lebensmittel- oder galenische Matrix. Aus diesem Grund führt das biologische Signal nicht immer zu einem messbaren klinischen Effekt, insbesondere wenn die Endpunkte komplex oder multifaktoriell sind. Der Wert dieses Teils liegt darin, Ordnung zu schaffen und sowohl übermäßige Begeisterung als auch absolute Skepsis zu vermeiden.

10.2 Meta-Analyse zu Ingwer: Welche Ergebnisse sind am konsistentesten?

Meta-Analysen, d. h. statistische Zusammenfassungen mehrerer Studien, sind besonders nützlich, wenn man verstehen möchte, ob ein in verschiedenen Studien beobachteter Effekt dazu neigt, sich zu wiederholen. Im Fall von Ingwer ist ihr Interesse groß, da einzelne Studien partielle oder widersprüchliche Ergebnisse liefern können. Die Synthese von 2018 zu T2DM und Komponenten des metabolischen Syndroms fand eine günstige Richtung für einige metabolische Parameter, wenn auch mit Variabilität zwischen den Endpunkten [9]. Dies bedeutet in der Praxis, dass das Signal vor allem in den Domänen zu entstehen scheint, die direkter mit der Glukoseregulation und dem Energiestoffwechsel zusammenhängen. Parallel dazu hat die GRADE-bewertete und dosisabhängige Überprüfung die Aufmerksamkeit auf mögliche antioxidative und entzündungshemmende Wirkungen verstärkt, ohne jedoch definitive Schlussfolgerungen zu erzwingen [4]. Die Meta-Analyse zu Entzündungsmarkern bestätigte dann eine Reduktion von CRP, hs-CRP und TNF- α , aber nicht von IL-6 und sICAM, was darauf hindeutet, dass die biologische Reaktion nicht einheitlich ist [3]. Diese Gesamtheit der Ergebnisse erfüllt ein sehr starkes Informationsbedürfnis: zu verstehen, ob es ein

Gesamtsignal oder nur isolierte Effekte gibt. Es ist eine typische Forschung für diejenigen, die über die einzelne Studie hinausgehen wollen.



11. QUADRO COMPARATIVO E SINTESI DELLE EVIDENZE

Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Konzepte des Artikels vergleichend zusammen, um biologische Mechanismen, klinische Anwendungen und praktische Aspekte in Beziehung zu setzen. Sie ist besonders nützlich, um zwischen molekularen Grundlagen und Ergebnissen aus Humanstudien zu unterscheiden und so eine Verwechslung der verschiedenen Evidenzstufen zu vermeiden.

Quadro comparativo

Thema	Was es anzeigt	Hauptbeschränkung
Blutzucker und Typ-2-Diabetes	Mögliche Unterstützung der Blutzuckerkontrolle	Uneinheitliche Ergebnisse zwischen den Studien
AMPK und mTOR	Modulation zellulärer Energiesignale	Überwiegend präklinische Evidenz
Praktische Anwendung und Sicherheit	Form, Dosis und Verträglichkeit sind sehr wichtig	Vorsicht ist geboten in der Schwangerschaft und bei empfindlichen Personen

Diese Zusammenfassung stellt die repräsentativsten Studien aus der Bibliographie in Beziehung, um das Gesamtsignal von den Unterschieden zwischen Studiendesigns, Populationen, Dosen und Ergebnissen zu unterscheiden.

Sintesi delle evidenze scientifiche

Veröffentlichungsjahr	Untersuchter Bereich	Was die Studien zeigen	Haupteinschränkung	Evidenzgrad
2026	Gesamte Stoffwechselgesundheit	Die Evidenz deutet auf eine günstige Richtung bei mehreren kardiometabolischen Ergebnissen hin	Zusammenfassung von Zusammenfassungen, abhängig von den eingeschlossenen Studien	Meta-Analyse [24]
2025	Entzündungs- und Oxidationskontrolle	Die Evidenz deutet auf eine Reduktion bestimmter Entzündungsmarker und eine Verbesserung des Redoxprofils hin	Heterogenität zwischen Studien und nicht immer übereinstimmende Endpunkte	Systematische Übersicht [4]
2020	Entzündungsmarker	Die Studien legen einen selektiven Effekt auf CRP, hs-CRP und TNF- α nahe	Nicht alle Entzündungsmarker ändern sich signifikant	Meta-Analyse [3]
2018	Typ-2-Diabetes und metabolisches Syndrom	Die Studien legen eine Unterstützung bei Blutzucker und einigen Stoffwechselfparametern nahe	Nicht immer große Stichproben und unterschiedliche Protokolle	Meta-Analyse [9]
2015	Insulinsensitivität und Glukosestoffwechsel	Die Evidenz deutet auf eine Verbesserung des Glukosetransports in Zellmodellen hin	Präklinische Daten, keine direkte klinische Bestätigung	Vorläufige Evidenz [19]



2021	PI3K/Akt/mTOR-Achse	Es wurden antiproliferative Effekte und eine Modulation der Signalübertragung beobachtet	Überwiegend zelluläre oder Tiermodelle	Vorläufige Evidenz [16]
2023	Postprandialer Blutzucker	Die Ergebnisse sind nicht einheitlich, aber das Signal scheint konsistent auf eine Reduktion der Spitzenwerte hinzuweisen	Einzelstudie mit nicht-diabetischer Population	Klinische Studien [8]
2024	Hepatische Insulinresistenz	Die Studien legen eine Verbesserung des Stoffwechselbildes bei Fettleber nahe	Spezifische Population und begrenzte Dauer	Klinische Studien [32]

12. SINTESI EDITORIALE E CONCLUSIONI

REDAKTIONELLE AUSWERTUNG DER EVIDENZ

Insgesamt zeichnet die Bibliografie ein recht kohärentes Bild: Ingwer zeigt das überzeugendste Signal bei Stoffwechselstörungen, insbesondere wenn Blutzucker, Insulin und niedriggradige Entzündungen bereits verändert sind. Die Humanstudien beschreiben keinen einheitlichen Effekt, weisen aber auf eine wiederholte Tendenz zur Verbesserung einiger Parameter hin, mit besonderem Schwerpunkt auf der Blutzuckerkontrolle und einigen Markern für Entzündungen und oxidativen Stress, d.h. der Gesamtheit der Veränderungen, die durch einen Überschuss an freien Radikalen verursacht werden. Laborergebnisse stärken die biologische Plausibilität, da sie die Verbindungen der Wurzel mit zellulären Netzwerken in Verbindung bringen, die Energie, Glukoseaufnahme und Stressreaktion regulieren.

Die Literatur bleibt jedoch heterogen. Unterschiede in Dosis, Formulierung, Dauer und Teilnehmermerkmalen erschweren eine eindeutige Interpretation. Darüber hinaus stammen viele interessante Mechanismen aus experimentellen Modellen, sodass die Übertragung auf den Menschen nicht automatisch erfolgt. Selbst wenn die klinischen Effekte günstig erscheinen, variiert das Ausmaß des Nutzens, und nicht alle Endpunkte bewegen sich in die gleiche Richtung. Daher ist das Bild als vielversprechend, aber noch unvollständig zu interpretieren, insbesondere wenn man von

Biomarkern, d.h. Laborparametern, zur langfristigen klinischen Relevanz übergeht.

ABSCHLIESSENDE KRITISCHE ANMERKUNG

Das Gesamtbild ist interessant, aber die Belastbarkeit der Beweise ist nicht einheitlich. Der überzeugendste Teil betrifft die menschlichen Stoffwechselergebnisse, wo verschiedene Studien und systematische Übersichten zu Blutzucker, Insulinsensitivität und einigen Entzündungsmarkern, d.h. messbaren Indikatoren eines biologischen Prozesses, konvergieren. Aber auch hier ist der Effekt nicht immer identisch: Stichprobengröße, Dauer der Interventionen, Art der Verabreichung und methodische Qualität der Studien variieren. Dies schränkt die Möglichkeit ein, ein standardisiertes und universell reproduzierbares Profil zu definieren. Noch heikler ist die Interpretation der intrazellulären Mechanismen, d.h. der Prozesse, die innerhalb der Zelle ablaufen. AMPK, mTOR, GLUT4 und die anderen genannten Signalwege stellen eine kohärente biologische Grundlage dar, aber die meisten Daten stammen aus Zell- oder Tiermodellen. Mit anderen Worten, die Tatsache, dass eine Verbindung im Labor wirkt, bedeutet nicht, dass sie beim Menschen die gleiche klinische Wirkung mit der gleichen Intensität und im gleichen Kontext hervorruft. Der Übergang von der experimentellen Biologie zur Praxis bleibt daher der schwächste Punkt der gesamten Literatur. Ein zweiter kritischer Punkt betrifft die Variabilität der Formulierungen und Dosierungen. Frischer Ingwer, Pulver, Extrakte und Kapseln sind



nicht gleichwertig, was den Vergleich der Ergebnisse erschwert. Die Bioverfügbarkeit der Wirkstoffe, d.h. der Anteil, der tatsächlich in den Kreislauf gelangt, kann zudem je nach Lebensmittelmatrix und Zubereitungsart erheblich variieren. Auch die Sicherheit muss sorgfältig geprüft werden: In der Schwangerschaft gibt es positive Hinweise, aber Vorsicht ist geboten; bei empfindlichen Personen oder bei gleichzeitiger Therapie kann sich das Verträglichkeitsprofil ändern. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Signal real ist, aber die Literatur fragmentiert bleibt und weitere Bestätigungen durch größere, längere und besser standardisierte Studien erfordert.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND REDAKTIONELLE ZUSAMMENFASSUNG

Ingwer nimmt in der Ernährungsforschung eine besondere Stellung ein, da er eine weit verbreitete traditionelle Anwendung mit einer umfangreichen, wenn auch nicht immer homogenen experimentellen Basis verbindet. Insgesamt deuten die verfügbaren Daten darauf hin, dass sein größtes Interesse Herz-Kreislauf-Erkrankungen betrifft, d.h. Zustände, bei denen Stoffwechsel, Herz und Gefäße gemeinsam betroffen sind und Blutzucker, Insulin, Entzündungen und oxidativer Stress eng miteinander verknüpft sind. Hier erscheint Ingwer als ein mögliches Adjuvans, d.h. eine zusätzliche Unterstützung, die sich in eine breitere Ernährungsstrategie einfügen und mit den Achsen, die den Energiestoffwechsel regulieren, in Dialog treten kann. Das Bild wird durch Studien zu bioaktiven Verbindungen verstärkt, die AMPK, mTOR, GLUT4, den Glukosetransporter in Zellen, und andere Signalwege, die mit der Glukoseverwertung und der Qualität der zellulären Reaktion zusammenhängen, ins Spiel bringen. Diese Lesart muss jedoch streng bleiben. Die Evidenz beim Menschen ist in verschiedenen Kontexten positiv, aber nicht einheitlich; außerdem stammen viele der elegantesten Erklärungen aus präklinischen Modellen, d.h. aus Studien an Zellen oder Tieren. Das bedeutet, dass der Wert von Ingwer nicht in einer absoluten, für alle gleichen Wirkung liegt, sondern in der Möglichkeit, gezielt beizutragen, wenn bereits ein ungünstiges Stoffwechselmilieu vorliegt. In der Praxis ist sein Profil bei Personen mit Insulinresistenz, Typ-2-Diabetes, metabolischem Syndrom oder anderen Zuständen, bei denen die Energiekontrolle

beeinträchtigt ist, überzeugender. Gleichzeitig bleiben Sicherheit und Verträglichkeit ein integraler Bestandteil der Bewertung, insbesondere in der Schwangerschaft und bei empfindlicheren Personen. Aus redaktioneller Sicht fügt sich dieses Thema gut in eine breitere Diskussion über funktionelle Ernährung und Prävention ein: nicht als Abkürzung, sondern als kritische Betrachtung eines Lebensmittels mit realem biologischem Potenzial. Der Wert einer solchen Synthese liegt gerade darin, dem Leser zu helfen, zwischen mechanistischer Plausibilität, klinischen Ergebnissen und dem täglichen Gebrauch zu unterscheiden. Ingwer ersetzt keine Standardinterventionen, kann aber als Teil einer umfassenderen Physiologie verstanden werden, in der Stoffwechsel, Entzündungsreaktion und Ernährungsqualität sich gegenseitig beeinflussen. Aus diesem Grund bleibt es auch über den einzelnen Artikel hinaus ein nützliches Thema, da es auf natürliche Weise die Diskussion über andere Lebensmittel und bioaktive Verbindungen eröffnet, die eine Rolle im Stoffwechselgleichgewicht und in der Ernährungsprävention spielen.

Aggiornato al 11/09/2026. Questo contenuto riflette una sintesi divulgativa delle evidenze scientifiche al momento della pubblicazione e non sostituisce il parere medico.

13. TRANSPARENZ UND WISSENSCHAFTLICHE VERANTWORTUNG

Künstliche Intelligenz wurde ausschließlich als Hilfsmittel zur redaktionellen und dokumentarischen Unterstützung eingesetzt. Sämtliche Inhalte, Interpretationen, Literaturangaben und Schlussfolgerungen wurden vom Autor geprüft, überarbeitet und freigegeben, der die volle wissenschaftliche Verantwortung dafür übernimmt.

Das Manuskript wurde zudem vor der Veröffentlichung einem unabhängigen Peer-Review-Verfahren unterzogen.

Um größtmögliche Transparenz zu gewährleisten, ist die vollständige Chronologie des Artikels, einschließlich der Daten von Einreichung, Überarbeitung, Annahme und Veröffentlichung sowie der Angaben zum Peer-Review-Verfahren, auf der eigenen Seite zur Artikelhistorie verfügbar.

14. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI



- [1] The effect of ginger powder supplementation on insulin resistance and glycemic indices in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial
Mozaffari-Khosravi H et al., 2014
Complementary Therapies in Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2013.12.017>
- [2] The effect of ginger (*Zingiber officinale*) on glycemic markers in patients with type 2 diabetes
Arablou T et al., 2015
Journal of Complementary and Integrative Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1515/jcim-2014-0021>
- [3] Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on inflammatory markers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials
Morvaridzadeh et al., 2020
Cytokine
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2020.155224>
- [4] Antioxidant and anti-inflammatory effects of ginger supplementation in adults: a GRADE-assessed systematic review and dose–response meta-analysis of randomised controlled trials
Rjabi et al., 2025
Inflammopharmacology
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-025-01994-6>
- [5] Effects of Ginger Supplementation on Anthropometric, Glycemic and Metabolic Parameters in Subjects with Metabolic Syndrome: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial
Rahimlou M et al., 2019
Journal of Diabetes & Metabolic Disorders. 2019;18(1):119-125.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00389-8>
- [6] Effects of ginger powder supplementation on glycemic status and lipid profile in newly diagnosed obese patients with type 2 diabetes mellitus
El Gayar et al., 2019
Obesity Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2019.100094>
- [7] The effects of ginger intake on weight loss and metabolic profiles among overweight and obese subjects: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials
Maharlouei et al., 2019
Critical Reviews in Food Science and Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427044>
- [8] The Effect of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Aqueous Extract on Postprandial Glycemia in Nondiabetic Adults: A Randomized Controlled Trial
Diakos et al., 2023
Foods
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12051037>
- [9] Effects of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on Type 2 Diabetes Mellitus and Components of the Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta Analysis of Randomized Controlled Trials
Zhu et al., 2018
Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/5692962>
- [10] Effect of Ginger on Inflammatory Diseases
Ballester et al., 2022
Molecules
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27217223>
- [11] A recent update on the multifaceted health benefits associated with ginger and its bioactive components
Ma et al., 2021
Food & Function
DOI: <https://doi.org/10.1039/d0fo02834g>
- [12] Gingers and Their Purified Components as Cancer Chemopreventative Agents
Lechner et al., 2019
Molecules
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24162859>
- [13] Pharmacodynamic components and mechanisms of ginger (*Zingiber officinale*) in the prevention and treatment of colorectal cancer
Xiang et al., 2024
Journal of Ethnopharmacology
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.117733>



- [14] **Ginger and its constituents: Role in treatment of inflammatory bowel disease**
Lashgari et al., 2022
BioFactors
DOI: <https://doi.org/10.1002/biof.1808>
- [15] **The ginger component 6-shogaol prevents TNF- α -induced barrier loss via inhibition of PI3K/Akt and NF- κ B signaling**
Luettig et al., 2016
Molecular Nutrition & Food Research
DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600274>
- [16] **6-Shogaol from ginger shows anti-tumor effect in cervical carcinoma via PI3K/Akt/mTOR pathway**
Pei et al., 2021
European Journal of Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02440-9>
- [17] **Review of the anticancer properties of 6-shogaol: Mechanisms of action in cancer cells and future research opportunities**
Figueroa González et al., 2024
Food Science & Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.4129>
- [18] **Anticancer effects of 6-shogaol via the AKT signaling pathway in oral squamous cell carcinoma**
HUANG et al., 2021
Journal of Applied Oral Science
DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2021-0209>
- [19] **[11] Gingerol Affects Glucose Metabolism by Dual Regulation via the AMPK α 2 Mediated AS160–Rab5 Pathway and AMPK Mediated Insulin Sensitizing Effects**
Lee et al., 2015
Journal of Cellular Biochemistry
DOI: <https://doi.org/10.1002/jcb.25100>
- [20] **6 Gingerol Improves Ectopic Lipid Accumulation, Mitochondrial Dysfunction, and Insulin Resistance in Skeletal Muscle of Ageing Rats: Dual Stimulation of the AMPK/PGC-1 α Signaling Pathway via Plasma Adiponectin and Muscular AdipoR1**
Liu et al., 2019
Molecular Nutrition & Food Research
DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201800649>
- [21] **Effect of 6-gingerol on AMPK- NF- κ B axis in high fat diet fed rats**
Hashem et al., 2017
Biomedicine & Pharmacotherapy
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.01.035>
- [22] **A mixture of ginger phenolic compounds enhances mitochondrial function, activates AMPK, and reduces lipid accumulation in adipocytes**
Preciado-Ortiz et al., 2025
PLOS One
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326690>
- [23] **6-Gingerol Ameliorates Hepatic Steatosis, Inflammation and Oxidative Stress in High-Fat Diet-Fed Mice through Activating LKB1/AMPK Signaling**
Liu et al., 2023
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24076285>
- [24] **Ginger Supplementation and Metabolic Health: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Randomized Studies**
Vahid Musazadeh et al., 2026
Diabetology & Metabolic Syndrome, 2026
DOI: <https://doi.org/10.1186/s13098-026-02150-y>
- [25] **Role of Ginger and Its Bioactive Components in Type 2 Diabetes Mellitus**
Mohamed Essa et al., 2026
Current Pharmaceutical Design, 2026
DOI: <https://doi.org/10.2174/0113816128352233250127112920>
- [26] **Ginger: A Nutraceutical Supplement for Protection Against Various Cardiovascular Diseases in Clinical Trials**
Mohammadabadi et al., 2025
Cureus
DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.80841>
- [27] **Ginger Extract Increases GLUT-4 Expression Preferentially Through AMPK Than PI3K Signalling Pathways in C2C12 Muscle Cells**
Tajik Kord et al., 2020
Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy
DOI: <https://doi.org/10.2147/dms0.s260224>



- [28] **Kun-Dan Decoction Ameliorates Insulin Resistance by Activating AMPK/mTOR-Mediated Autophagy in High-Fat Diet-Fed Rats**
Su et al., 2021
Frontiers in Pharmacology
DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.670151>
- [29] **Attenuation of Free Fatty Acid-Induced Skeletal Muscle Insulin Resistance by Resveratrol Is Linked to Activation of AMPK and Inhibition of mTOR and p70 S6K**
Den Hartogh DJ et al., 2020
International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(14):4900.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21144900>
- [30] **Humanin attenuates palmitate-induced hepatic lipid accumulation and insulin resistance via AMPK-mediated suppression of the mTOR pathway**
Kwon et al., 2020
Biochemical and Biophysical Research Communications
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.03.128>
- [31] **Rosemary extract activates AMPK, inhibits mTOR and attenuates the high glucose and high insulin-induced muscle cell insulin resistance**
Shamshoum et al., 2021
Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism
DOI: <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0592>
- [32] **The Effects of Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) on Non-Alcoholic Fatty Liver Disease in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Double-Blinded Placebo-Controlled Clinical Trial**
Ghoreishi et al., 2024
Journal of Dietary Supplements
DOI: <https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2263788>
- [33] **Effect of Ginger on Blood Glucose Level of Women with Gestational Diabetes Mellitus (GDM) with Impaired Glucose Tolerance Test (GTT): A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial**
Fariba Hajimoosayi et al., 2020
BMC Complementary Medicine and Therapies, 2020, 20(1):116
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-020-02908-5>
- [34] **WHO recommendations on maternal health: guidelines approved by the WHO Guidelines Review Committee**
2024
WHO
DOI: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/380666/9789240080591-eng.pdf>
- [35] **Dietary Supplements and Life Stages: Pregnancy - Health Professional Fact Sheet**
2024
NIH
DOI: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Pregnancy-HealthProfessional/>
- [36] **Insulin signalling and GLUT4 trafficking in insulin resistance**
van Gerwen et al., 2023
Biochemical Society Transactions
DOI: <https://doi.org/10.1042/bst20221066>
- [37] **Evidence in Support of the Hypothesis that Defects in Skeletal Muscle GLUT4 Glucose Transporter Translocation Are a Cause of Human Insulin Resistance**
Garvey WT et al., 1998
Journal of Clinical Investigation, 1998, 101(11):2377-2386.
DOI: <https://doi.org/10.1172/jci1557>
- [38] **GLUT4 Trafficking and Storage Vesicles: Molecular Architecture, Regulatory Networks, and Their Disruption in Insulin Resistance**
Drobiova et al., 2025
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms26157568>
- [39] **Glucosamine induces insulin resistance in vivo by affecting GLUT 4 translocation in skeletal muscle. Implications for glucose toxicity.**
Baron et al., 1995
Journal of Clinical Investigation
DOI: <https://doi.org/10.1172/jci118349>
- [40] **Analysis of Multiple Insulin Actions in Single Insulin-Resistant Mouse Muscle Fibres Reveals a Selective Defect in Endogenous GLUT4 Translocation**
Judge S et al., 2025
Diabetes, 2025, 74(7):1121-1134.
DOI: <https://doi.org/10.2337/db25-0022>



- [41] **AMPK-Mediated AS160 Phosphorylation in Skeletal Muscle Is Dependent on AMPK Catalytic and Regulatory Subunits**
Treebak JT et al., 2006
Diabetes, 2006, 55(7):2051-2058.
DOI: <https://doi.org/10.2337/db06-0175>
- [42] **AMPK and Beyond: The Signaling Network Controlling RabGAPs and Contraction-Mediated Glucose Uptake in Skeletal Muscle**
Peifer-Weiß L et al., 2024
International Journal of Molecular Sciences, 2024, 25(3):1910.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25031910>
- [43] **Effect of ginger (Zingiber officinale) supplementation on oxidative stress parameters: A systematic review and meta analysis**
Morvaridzadeh et al., 2021
Journal of Food Biochemistry
DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.13612>
- [44] **Potential Role of Ginger (Zingiber officinale Roscoe) in the Prevention of Neurodegenerative Diseases**
Arcusa et al., 2022
Frontiers in Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.809621>
- [45] **The effect of zingiber officinale on prooxidant-antioxidant balance and glycemic control in diabetic patients with ESRD undergoing hemodialysis: a double-blind randomized control trial**
Rostamkhani et al., 2023
BMC Complementary Medicine and Therapies
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03874-4>
- [46] **Research progress of ginger in the treatment of gastrointestinal tumors**
Chen et al., 2023
World Journal of Gastrointestinal Oncology
DOI: <https://doi.org/10.4251/wjgo.v15.i11.1835>
- [47] **Dihydromyricetin improves skeletal muscle insulin resistance by inducing autophagy via the AMPK signaling pathway**
Shi L et al., 2015
Molecular and Cellular Endocrinology, 2015, 409:92-102.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mce.2015.03.009>
- [48] **Muscle Cell Insulin Resistance Is Attenuated by Rosmarinic Acid: Elucidating the Mechanisms Involved**
Den Hartogh et al., 2023
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24065094>
- [49] **A Bioactive Compound of Portulaca oleracea L., HM-Chromanone, Ameliorates Palmitate-Induced Insulin Resistance by Inhibiting mTOR/S6K1 through Activation of AMPK Pathway in Skeletal Muscle Cells**
Park JE et al., 2022
Toxicology Research, 2022, 11(5):774-783.
DOI: <https://doi.org/10.1093/toxres/tfaco55>
- [50] **Rosmarinic Acid, a Rosemary Extract Polyphenol, Increases Skeletal Muscle Cell Glucose Uptake and Activates AMPK**
Vlavcheski F et al., 2017
Molecules, 2017, 22(10):1669.
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22101669>
- [51] **Maternal Broccoli Powder Intake Improves Insulin Resistance and Inflammation through the AMPK/mTOR Pathway in the Liver of Adult Male Offspring Exposed to Maternal Protein Restriction and Fructose Feeding**
Karmacharya A et al., 2024
Molecular Nutrition & Food Research, 2024, 68(22):e2400472.
DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.202400472>
- [52] **Role of AMP-Activated Protein Kinase for Regulating Post-exercise Insulin Sensitivity**
Kjøbsted et al., 2016
Experientia Supplementum
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43589-3_5



- [53] **AMPK activation by prolonged stimulation with interleukin 1 β contributes to the promotion of GLUT4 translocation in skeletal muscle cells**
Takaguri et al., 2016
Cell Biology International
DOI: <https://doi.org/10.1002/cbin.10673>
- [54] **Karanjin from *Pongamia pinnata* Induces GLUT4 Translocation in Skeletal Muscle Cells in a PI3K-Independent Manner**
Jaiswal N et al., 2011
European Journal of Pharmacology, 2011, 670(1):22-28.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.08.049>
- [55] **AMPK/AS160 Mediates Tiliroside Derivatives-Stimulated GLUT4 Translocation in Muscle Cells**
Zhang C et al., 2018
Drug Design, Development and Therapy, 2018, 12:1581-1587.
DOI: <https://doi.org/10.2147/dddt.s164441>
- [56] **Carnosol Increases Skeletal Muscle Cell Glucose Uptake via AMPK-Dependent GLUT4 Glucose Transporter Translocation**
Vlavcheski et al., 2018
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19051321>
- [57] **Epigallocatechin gallate induces GLUT4 translocation in skeletal muscle through both PI3K- and AMPK-dependent pathways**
Ueda-Wakagi et al., 2018
Food & Function
DOI: <https://doi.org/10.1039/c8fo00807h>
- [58] **PAK4 Phosphorylates and Inhibits AMPK α to Control Glucose Uptake**
Wu D et al., 2024
Nature Communications, 2024, 15:6858.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51240-w>
- [59] **Protective Effects of 6-Gingerol on Cardiotoxicity Induced by Arsenic Trioxide Through AMPK/SIRT1/PGC-1 α Signaling Pathway**
Han et al., 2022
Frontiers in Pharmacology
DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.868393>