



Diabetes mellitus und Sport

Patrick Kempf, Markus Laimer und Christoph Stettler

Universitätsklinik für Diabetologie, Endokrinologie, Ernährungsmedizin und Metabolismus, Universität Bern, Inselspital, Bern

Zusammenfassung: Körperliche Aktivität und Training sind wichtige Bausteine eines gesunden Lebensstils, auch oder vor allem bei Personen mit Diabetes mellitus. Eine Reduktion des kardiovaskulären Risikos sowie eine Verbesserung zahlreicher weiterer Parameter durch Bewegung konnte sowohl bei Personen ohne Diabetes als auch bei Patientinnen und Patienten mit Diabetes in Studien gezeigt werden. Beim Typ-2-Diabetes wird daher – zum Teil auch noch bei Vorhandensein von Spätkomplikationen – ein mehrmals wöchentlich durchgeführtes Ausdauer- als auch Krafttraining zur Verbesserung der glykämischen Kontrolle und Reduktion des kardiovaskulären Risikos empfohlen. Bereits kurze Trainingseinheiten haben einen nachhaltig positiven Effekt auf den Organismus, die Überwindung der Inaktivität und Ausübung von Sport ist aber im Alltag häufig mit gewissen Schwierigkeiten verbunden. Unterschiedliche Trainingstypen haben differierende Auswirkungen auf den Blutzuckerspiegel, dies ist vor allem bei Patientinnen und Patienten mit Insulintherapie zu beachten. Bei Patientinnen und Patienten mit Typ-1-Diabetes gelten per se dieselben Aktivitätsziele. Sport birgt bei diesen Patienten nebst den günstigen Effekten aber auch die Gefahr einer Destabilisierung der glykämischen Kontrolle, insbesondere ist das während des Sports erhöhte Hypoglykämierisiko relevant. Durch adäquate blutzuckeradaptierte Therapiemodifikationen und unter Einsatz moderner technologischer Hilfsmittel kann dem aber wirksam entgegengewirkt werden.

Physical activity and exercise in patients with diabetes mellitus

Abstract: Physical activity and exercise are important components of a healthy lifestyle, especially in patients with diabetes mellitus. It has been shown that physical activity generally reduces cardiovascular risk and improves glycaemic control as well as additional parameters such as blood pressure, cholesterol levels, and body composition. Therefore, frequent aerobic exercise and moderate resistance training are currently recommended for diabetic patients. While even short activities may have a positive metabolic effect for up to one day, overcoming the obstacle of inactivity and implementing regular exercise is often difficult in daily life. Depending on the type of the activity, blood glucose levels may not only decrease during exercise, but even increase in case of higher exercise intensity. This is of particular importance for patients with insulin therapy and, specifically, in type 1 diabetes. While exercise has been shown to have similarly beneficial effects on cardiovascular risk in patients with type 1 diabetes, physical activity is associated with an increased risk of exercise-associated hypoglycaemia. As a consequence, appropriate measures (e.g. adaptation of insulin doses and/or ingestion of additional carbohydrates) are usually recommended in these patients. Modern technical devices such as insulin pumps and/or continuous glucose monitoring systems are important in supporting active patients with diabetes to optimize glucose control during and after exercise.

Einleitung

Körperliche Aktivität im weiteren und Sport im engeren Sinn sind wichtige Komponenten eines gesunden Lebensstils. Inaktivität stellt ein häufiges Problem in unseren heutigen Gesellschaften dar, der Alltag wird zum überwiegenden Teil mit sitzenden Tätigkeiten verbracht. Inaktivität ist assoziiert mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität, daher ist für alle Erwachsene, und besonders für Personen mit Diabetes mellitus, eine regelmässige körperliche Betätigung von grosser Bedeutung [1]. Regelmässiges Training verbessert eine Vielzahl an Parametern wie Insulinsensitivität, kardiopulmonale Fitness, Muskelmasse, die Körperzusammensetzung, hat positive Einflüsse auf kardiovaskuläre Co-Risikofaktoren wie Körpergewicht, Blutdruck und Lipide und hat darüber hinaus auch wichtige Implikationen für das psychische Wohlbefinden [2].

Von führenden internationalen Gesellschaften werden daher bei Diabetes ca. 150 Minuten Ausdauertraining pro Woche mit zusätzlich 2–3 mal durchgeführtem Krafttraining empfohlen [3]. Zahlreiche unterschiedliche Sportangebote stehen zur Verfügung, „Fitness“ als Identifikationsmerkmal und Statussymbol ist als Megatrend in unserer Gesellschaft etabliert. Gleichwohl ist der grosse Teil der Patienten mit Diabetes nach wie vor inaktiv, dies gilt – weniger ausgeprägt – auch für den Typ-1-Diabetes. Je nach Diabetestyp stehen dabei aber andere Ursachen für die Inaktivität im Vordergrund: Beim Typ-2-Diabetes sind eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit, Hemmungen beim Beginn mit dem Sport sowie Einschränkungen durch Komorbiditäten zu nennen, während beim Typ-1-Diabetes (und zum Teil auch bei mit Insulin therapierten Patienten mit Typ 2) häufiger die Angst vor Hypoglykämien ein Problem darstellt [4]. In der Tat besteht, obwohl körperliche

Aktivität per se auch für Patienten mit Typ-1-Diabetes bedeutsam ist, bei dieser Diabetesform die Gefahr einer Destabilisierung der Stoffwechsellaage, wenn hier nicht adäquat vorgebeugt wird [5]. Der folgende Artikel geht zunächst auf grundlegende physiologische Vorgänge bei Sport und Diabetes ein. In der Folge wird aufgezeigt, welche Aktivitäten für welche Diabetesform besonders geeignet erscheinen und was hierbei bezüglich der Diabetestherapie zu beachten ist.

Physiologische Grundlagen

Um die therapeutischen Anforderungen an die Diabetes-therapie beim Sport zu verstehen, ist es zunächst nützlich, sich mit einigen möglichen unterschiedlichen Trainingsmethoden auseinanderzusetzen. Kurz zusammengefasst wird Training je nach Energiegewinnung in aerobes sowie anaerobes Training eingeteilt, die meisten Sportarten stellen jedoch eine Kombination dar. Die aerobe Energiegewinnung ist vorherrschend beim Ausdauertraining: Diese Trainingsform ist charakterisiert durch kontinuierliche Bewegungen grosser Muskelgruppen, die Energiegewinnung erfolgt dabei mehrheitlich durch Oxidation von Fettsäuren und Kohlenhydraten in den Mitochondrien. Beispiele hierfür sind klassische Ausdauersportarten wie Laufen, Radfahren oder Schwimmen. Wesentlich höhere Belastungen können beim anaeroben Training erreicht werden. Die anaerobe Energiebereitstellung durch die Glykolyse im Zytoplasma benötigt keinen Sauerstoff, führt allerdings zur Akkumulation von Laktat. Die hierbei erreichten hohen Belastungen können durch den Körper allerdings nicht lange aufrechterhalten werden. Beispiele für rein anaerobes Training sind Krafttraining mit Maschinen oder freien Gewichten sowie Sprinttraining [3].

Eine Kombination dieser beiden grundlegenden Trainingsarten liegt bei den meisten Sportsportarten (Fussball, Eishockey, Handball, Tennis) oder beim sogenannten High-intensity-interval-Training (HIIT) vor. Letzteres ist charakterisiert durch das planmässige Abwechseln kurzer intensiver Belastungen mit längeren Abschnitten mit niedriger bis mittlerer Intensität und gehört heute zum Training im ambitionierten Freizeitsport und im Leistungsbe- reich [6].

Die hormonell-metabolischen Antworten auf die oben genannten Trainingsformen variieren je nach Trainingsart, Dauer und Intensität. Bei gesunden Personen bleibt der Blutzuckerspiegel generell auch bei körperlicher Betätigung in einem Bereich von 4–6 mmol/l konstant. Während des Sports liegt aber ein stark (5- bis 10-fach) erhöhter Energiebedarf der beanspruchten Muskeln vor. Dieser wird zunächst durch die Nutzung der lokalen Glykogenspeicher im Muskel abgedeckt, in der Folge sind aber externe Quellen nötig (vgl. Abbildung 1). Beim Gesunden erfolgt daher eine Suppression der Insulinsekretion sowie eine Erhöhung des Glukagonspiegels, was die hepatische Glukogenese (und im Verlauf dann auch die Fettmobilisierung und -oxidation) ermöglicht. Durch Kontraktionen

der Muskulatur erfolgt ein aktiver Einbau und eine Verringerung des Recyclings von Glukosetransporter Typ 4 (GLUT-4) in der Zellmembran, was eine vermehrte Glukoseaufnahme ermöglicht [7]. Die Glukoseaufnahme hierdurch bleibt je nach Training auch noch Stunden nach dem Training erhöht, dies dient dem Wiederauffüllen der Glykogenspeicher im Muskel und erklärt die gesteigerte Insulinsensitivität nach dem Training. Sogar durch kürzere Tätigkeiten von einer Dauer von ca. 20 Minuten wird teilweise ein bis zu 24 Stunden andauernder Effekt erreicht.

Je nach Trainingsintensität werden vom Körper in unterschiedlichen Anteilen überwiegend Kohlenhydrate und Fette zur Energiegewinnung herangezogen, Proteine spielen eine geringere Rolle und werden erst bei ausgeprägten Ausdauerbelastungen etwas relevanter.

Beim Typ-1-Diabetes (aber auch beim mit Insulin therapierten Typ-2-Diabetes) besteht generell die Problematik einer Hyperinsulinämie, da die physiologische Selbstregulation des Insulins nicht mehr funktioniert: Langwirksame Insulinanaloga können nicht kurzfristig verändert werden, während bei mit Insulinpumpen behandelten Patienten an sich manuell eine Anpassung erfolgen kann (im Detail ist dies aber gerade bei kürzeren Aktivitäten oft nicht trivial). Diese Hyperinsulinämie kommt zusätzlich zur bereits vorhandenen Stimulation der GLUT4-Transporter im Muskel und erhöht damit das Risiko, dass sehr rasch sehr viel Glukose in die Muskeln verlagert wird. Da die Hyperinsulinämie gleichzeitig die hepatische Glukosefreisetzung hemmt (und damit den potenziellen Glukosenachschub stark limitiert), besteht ein substanzielles Hypoglykämierisiko. Darüber hinaus ist durch die Hyperinsulinämie auch die Lipolyse gestört, was die Abhängigkeit von Glukose als primärem Substrat zur Energiegewinnung noch verstärkt.

Sport und Typ-2-Diabetes

Der Hyperglykämie beim Typ-2-Diabetes liegt – anders als beim Typ-1 – primär eine pathologische Erhöhung der Insulinresistenz und oft erst sekundär eine gestörte Beta-Zellfunktion zugrunde. Die Prävalenz des Typ-2-Diabetes hat in den letzten Dekaden kontinuierlich zugenommen. Dies wird zu einem grossen Teil dem geänderten Lebensstil mit wenig Bewegung und hyperkalorischer Ernährung zugeschrieben. Lifestyle-Modifikationen, also Modifikationen von Ernährung und Bewegung, sind daher noch vor dem Beginn einer medikamentösen Therapie die Basis in der Therapie des Typ-2-Diabetes [9]. Diverse Studien haben einerseits durch frühzeitige Lifestyle-Intervention im Prä-Diabetes das Risiko der Konversion zum effektiven Diabetes deutlich reduzieren können [4, 10]. Andererseits konnte bei bestehendem Diabetes gezeigt werden, dass durch intensive Interventionen mit regelmässig durchgeführtem Ausdauertraining signifikante Verbesserungen bezüglich des Gewichtes, der glykämischen Kontrolle, des Blutdrucks und des Lipidstatus, darüber hinaus aber auch Verbesserungen in Bezug auf eine Schlafapnoe, Nephropa-

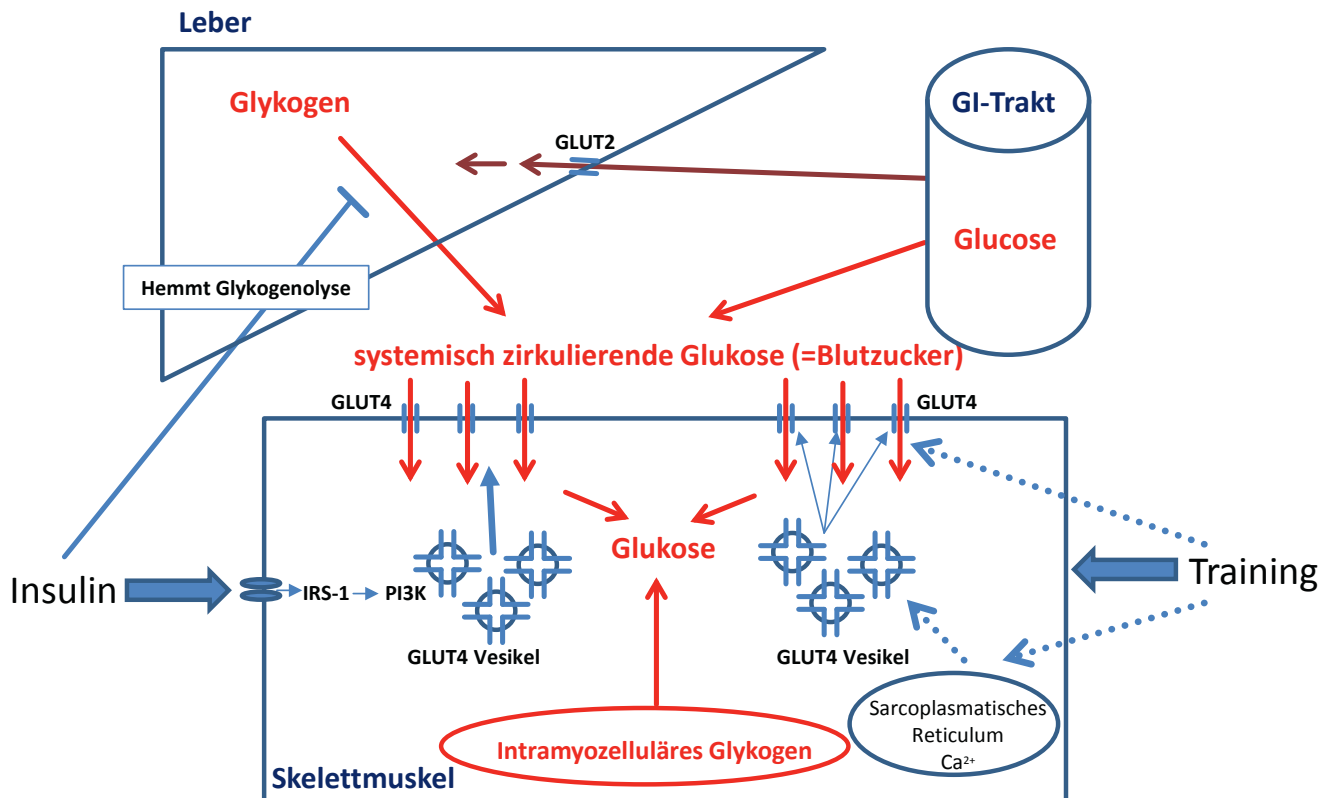


Abbildung 1. Schematische Darstellung des Glukosestoffwechsels während körperlicher Aktivität. Adaptiert von [8].

thie, Retinopathie sowie einer besseren psychischen Gesundheit zu verzeichnen waren [11]. Zusätzliches Krafttraining erhöht dabei die Muskelmasse, optimiert damit die Körperzusammensetzung und hat deshalb auch positive Auswirkungen auf die glykämische Kontrolle und auf weitere Parameter, wie beispielsweise die Knochendichte [12].

Die erwünschten Auswirkungen auf den Glukosestoffwechsel gehen wie erwähnt über den Zeitrahmen einer Trainingseinheit hinaus und können je nach Dauer und Intensität des Trainings bis zu 48 Stunden danach messbar sein, aber auch kurze Einheiten von ca. 20 Minuten haben bereits einen messbaren Benefit von bis zu einem Tag [13]. Die Empfehlungen der Fachgesellschaften beruhen daher auf fast täglicher körperlicher Betätigung zur Verbesserung der Stoffwechsellage. Aktuell wird wie eingangs erwähnt mindestens ein 30-minütiges Ausdauertraining an 5 Tagen pro Woche mit nicht mehr als zwei trainingsfreien Tagen zwischen den Einheiten empfohlen. Darüber hinaus wird ein zusätzliches, zweimal pro Woche durchgeführtes, moderates Krafttraining empfohlen [3, 14].

Zusammenfassend sind die positiven Effekte von körperlicher Betätigung zur Therapie, aber auch zur Prävention des Typ-2-Diabetes, gut dokumentiert und per se unbestritten, auf der anderen Seite ist im Alltag der Grossteil der Patienten mit Typ-2-Diabetes nach wie vor körperlich inaktiv. Es erscheint insofern besonders schwierig, Patienten mit Diabetes nachhaltig zu mehr Bewegung zu motivieren, als dass langjährige Inaktivität ja in vielen Fällen eine Rolle in der Krankheitsentstehung gespielt hat. Diese langjährigen Gewohnheiten hinsichtlich eines

aktiveren Lifestyles zu durchbrechen stellt eine herausfordernde Tätigkeit in der Betreuung von Patienten mit Typ-2-Diabetes dar. Zudem können sich Komorbiditäten einschränkend auf die Implementierung von Bewegung im Alltag auswirken. Hemmungen finden sich oft aufgrund von Schamgefühlen oder mangelnder Fitness insbesondere vor Aufnahme einer körperlichen Tätigkeit.

Besonders geeignet erscheinen daher supervisierte Programme, einzeln oder in der Gruppe mit anderen Menschen in vergleichbarer Situation. Der Erfolg solcher supervisierter Programme auf die glykämische Kontrolle und die Reduktion kardiovaskulärer Co-Risikofaktoren ist recht gut belegt [15] und liefert im Vergleich zu einer reinen Beratung bezüglich körperlicher Aktivität und Diät signifikant bessere Ergebnisse [16]. Es lohnt sich daher auch anhand der verfügbaren Evidenz, vermehrt Personen mit Diabetes zu solchen Programmen zuzuweisen.

Zudem gibt es auf dem Markt eine Vielzahl an technischen Geräten, beispielsweise Pulsuhren oder auch Smartphones und -watches, welche Parameter wie Herzfrequenz, Schrittzahl, zurückgelegte Distanz monitorisieren und so Feedback über die geleistete Bewegung geben können. Diese Geräte sind durchaus geeignet für die Motivationssteigerung, allerdings derzeit wahrscheinlich beschränkt auf ein technikaffines Patientenkollektiv.

Generell erscheinen die zwar evidenzbasierten heutigen Empfehlungen für viele Patienten bezüglich des Zeitmanagements effektiv sehr anspruchsvoll. Die geforderten Vorgaben von wöchentlich 150 Minuten Ausdauertraining plus Krafttraining sind im Alltag vieler Menschen schwer umsetzbar. Gleichwohl sollten Patienten, die nur ein nied-

rigeres Niveau an Bewegung erreichen, durch diese Empfehlungen nicht entmutigt werden, sondern im Gegenteil dazu ermuntert werden, ihr derzeitiges Niveau zu halten und nach Möglichkeit langsam zu steigern, da sich oft auch bei weniger Bewegung schon motivierende kleine Erfolge erzielen lassen: Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass die Glukoseexkursion nach dem Abendessen bereits durch einen kleinen Verdauungsspaziergang verringert werden kann [17], was neben einer Verbesserung der postprandialen glykämischen Kontrolle auch positive Auswirkungen auf den Nüchternwert am nächsten Morgen haben kann.

Darüber hinaus stellt sich die Frage, welche Arten von Training für den jeweiligen Patienten geeignet sind, insbesondere wenn bereits mikro- oder makrovaskuläre Spätkomplikationen vorliegen. Grundsätzlich gelten wohl weniger Einschränkungen als früher gedacht. Hervorzuheben ist der Nutzen eines Beginnes mit einer niedrigen, individuell geeigneten Intensität. Die derzeitigen Empfehlungen sehen beispielsweise bei Patienten mit kardiovaskulärer Erkrankung unter Einhaltung der entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen und kompetenter Betreuung damit recht wenige Einschränkungen, sowohl für Ausdauer- als auch für Krafttraining [3]. Bei vorhandener Polyneuropathie ist insbesondere auf eine adäquate Fusspflege sowie das passende Schuhwerk zu achten, um Ulzerationen vorzubeugen. Bei bestehendem Ulkus sollte aufgrund der zusätzlichen Belastung allerdings eine Trainingspause eingelegt werden, eine ärztliche Betreuung ist hier essentiell. Eine Nephropathie stellt sogar im dialysepflichtigen Stadium per se keine Kontraindikation für eine adäquate angepasste körperliche Betätigung dar. Eine Progression der Nephropathie durch Training konnte bisher nicht gezeigt werden [3]. Bezüglich der Interpretation der Laborresultate ist übrigens im Sinne eines praktischen Hinweises stets darauf zu achten, dass vorangegangenes Training das Albumin im Urin generell erhöhen und zu einem falsch positiven Resultat des Mikroalbuminurien-screens führen kann.

Bezüglich der Anforderungen an die Medikation bestehen bei den meisten Antidiabetika keine Einschränkungen beim Sport. Ein wichtiger Punkt stellt aber vor allem das erhöhte Hypoglykämierisiko unter Therapie mit Insulin (und weniger ausgeprägt auch mit Sulfonylharnstoffen) dar. Hier besteht wie eingangs erwähnt je nach Situation die Notwendigkeit zur Anpassung der Insulintherapie und/oder Kohlenhydrateinnahme vor, während und nach dem Sport. Dies ist insbesondere beim Typ-1-Diabetes von zentraler Bedeutung (siehe unten). Umgekehrt sollte – wenn Sport auch zu einer Gewichtsreduktion führen soll (was im Typ-2-Diabetes ja oft ein Ziel ist) – grundsätzlich immer eine Insulinreduktion im Zusammenhang mit sportlicher Aktivität angestrebt werden. Reduzierte Insulinspiegel ermöglichen eine effizientere Fettverbrennung. Zudem ist es natürlich kontraproduktiv, wenn aufgrund von tiefen Blutzuckerwerten beim Sport dann mehr Kohlenhydrate eingenommen werden müssen und so der potenzielle Gewichtsnutzen sogar überkompensiert wird.

Sport und Typ-1-Diabetes

Körperliche Betätigung stellt besondere Anforderungen an die Therapie des Typ-1-Diabetes. Grundsätzlich besteht das gesamtgesellschaftliche Problem der Inaktivität auch bei Personen mit Typ-1-Diabetes mellitus: Patienten mit Typ-1-Diabetes haben ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko, ein substanzieller Anteil der Patienten leidet zudem unter Übergewicht und kardiovaskuläre Co-Risikofaktoren wie Hypertonie und Dyslipidämie sind auch in dieser Patientengruppe gehäuft anzutreffen [18]. Die Mehrheit der Patienten erreicht nicht die empfohlene körperliche Aktivität, obwohl die im vorigen Abschnitt erwähnten Empfehlungen per se auch für Patienten mit Typ-1-Diabetes gelten [19]. Die Vorteile in Bezug auf die Verbesserung der glykämischen Kontrolle sind allerdings im Gegensatz zum Typ-2-Diabetes nicht so klar gezeigt [18, 20] – im Gegenteil, vor allem ältere Studien haben gezeigt, dass vermehrte körperliche Aktivität aufgrund einer Destabilisierung des Blutzuckers bei inadäquatem Umgang sogar zu einer Verschlechterung des HbA_{1c} führen kann.

Während des Sports gilt es deshalb, die erwähnte relative Hyperinsulinämie und das damit erhöhte Hypoglykämierisiko zu beachten. Dieses Risiko ist nicht nur während des Sports, sondern aufgrund der erhöhten Insulinsensitivität auch noch nach Beendigung des Trainings erhöht [19]. Die Angst vor Hypoglykämien wird denn auch häufig von Patienten als wichtigster Grund, wieso kein Sport betrieben wird, genannt – besonders wenn ein solches Ereignis in der eigenen Historie schon einmal vorgekommen ist.

Neue technologische Möglichkeiten wie Insulinpumpen, zum Teil mit prädiktiver Abschaltung der Insulingabe bei fallenden Blutzuckerwerten, sowie Sensoren zur kontinuierlichen Glukosemessung (CGM oder FGM) ermöglichen heute sportliche Aktivitäten in fast allen Bereichen sowohl des Breiten- wie des Leistungssports. Wichtig ist eine adäquate Schulung und Betreuung aktiver Patienten im Umgang mit den technischen Hilfsmitteln. Mit standardisierten Ansätzen und individuell definierten Zielen, vielleicht in spezialisierten Sprechstunden (eventuell auch mittels Trainingsprotokollen oder -plänen nicht nur im Athletenbereich) können die einzelnen relevanten Faktoren mit Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel identifiziert und effektiv angegangen werden. So ist es oft möglich, Patienten mit Typ-1-Diabetes zu einem aktiveren Alltag zu motivieren und sportlichen Patienten die Aktivitäten unter Optimierung der Diabeteskontrolle zu ermöglichen.

Neben der Auswahl des Trainings sind insbesondere eine adäquate Insulinreduktion sowie angepasste Kohlenhydratingestion bedeutsam [19]. Zur Verringerung der Hyperinsulinämie während des Sports sollte das Bolusinsulin der vorhergehenden Mahlzeit je nach Training zwischen 25–75 % reduziert werden. Ebenfalls sollte das Bolusinsulin bei der Mahlzeit nach dem Sport entsprechend reduziert werden, um verzögerte Hypoglykämien zu ver-

meiden. Konkrete Zahlen müssen immer im Einzelfall definiert werden. Besonders geeignet für kurzfristige Anpassungen ist an sich die Insulinpumpentherapie: Bei längerer körperlicher Betätigung (> 1 h) kann bei Verwendung einer Insulinpumpe die Basalrate reduziert oder für bis zu maximal 2 Stunden komplett unterbrochen werden – ein längeres Pausieren ist aufgrund der Gefahr der Entwicklung einer diabetischen Ketoazidose zu vermeiden. Veränderungen an der Basalrate bei kürzerer Bewegungsdauer haben sich hingegen in einer kürzlich durchgeführten Studie als weniger nützlich erwiesen [21]. Grund dafür ist wahrscheinlich die Trägheit des Insulinpumpensystems, so dass für kürzere Aktivitäten (unter einer Stunde) möglicherweise besser die Basalrate gar nicht angepasst würde und stattdessen alternative Strategien (adaptiertes Training, Kohlehydrate) eingesetzt würden. Dieser Punkt ist aber aktuell noch Gegenstand von Forschungsprojekten.

Die vorrangige Reduktion eines langwirksamen Basisinsulins ist aufgrund der langen Halbwertszeiten der Insulinanaloga der neuesten Generation (Degludec, Glargin 300) nur sehr stark eingeschränkt (bzw. nur bei länger dauernden, am ehesten mehrtätigen Aktivitäten) geeignet, da Reduktionen potentiell zur Destabilisierung der glykämischen Kontrolle mit Hyperglykämien in der trainingsfreien Zeit führen können. Bei länger dauernden körperlichen Belastungen, oder wenn das Ziel in der Einsparung von Kohlenhydraten liegt, kann die Reduktion des Basalinsulins allerdings auch zielführend sein. Etwas einfacher ist die Anpassung noch bei weniger lang wirkenden Basalinsulinen wie Detemir, wo sich für mehrstündige Aktivitäten ein Anpassen wohl lohnt.

Bezüglich der Kohlenhydratingestion ist neben der Menge vor allem das Timing der Einnahme wichtig: Viele kürzere Einheiten lassen sich bereits durch kleine Snacks vor dem Training unter Weglassen des Mahlzeiteninsulins realisieren. Der konkrete Bedarf ist abhängig vom aktuellen Blutzucker, dem Zeitpunkt der letzten Kohlenhydrateinnahme und des wirksamen Restinsulins „on board“. Kurze Einheiten von 45 bis 60 Minuten erfordern dabei meist keine oder nur geringe (10–30 g) Mengen zusätzlicher Kohlenhydrate, bei Einheiten längerer Dauer sind grössere Mengen von bis zu 60 g pro Stunde nötig.

Eine Rolle spielt bei der Einnahme auch die Qualität der Kohlenhydrate, also der glykämische Index: Glucose flutet schnell an und eignet sich so gut zur Korrektur von fallenden Blutzuckerwerten, aber nicht immer gleich gut zur nachhaltigen Energiebereitstellung; für einen stabilen Verlauf während des Sports empfiehlt es sich, zusätzlich auch Fructose oder komplexe Kohlenhydrate auszuprobieren [22].

Eine relativ neue Erkenntnis ist, dass sich die Auswahl der Trainingsart zur Stabilisierung des Blutzuckers nützen lässt [23]. Allgemein führen kontinuierliche Ausdauerbelastungen tendenziell eher zu einem Blutzuckerabfall während des Sports, während Intervalltraining oder anaerobes Training durch vermehrte Ausschüttung von kontrainsulinären Hormonen wie Glukagon, Katecholaminen

oder Wachstumshormon eher zu einer Stabilisierung des Blutzuckers oder sogar einem Ansteigen des Blutzuckerspiegels führen. Dies lässt sich praktisch auch beim Ausdauertraining in Form von kurzen Zwischensprints nutzen [24]. Alternativ kann beispielsweise vor einer Ausdauerleistung noch ein kürzeres Krafttraining vorgeschaltet werden.

Monitoring der Glukose während und nach dem Sport

Zur Evaluation des Blutzuckerverlaufes sollte der Blutzuckerspiegel vor und während des Sports regelmässig kontrolliert werden, ein engmaschiges Monitoring wird dabei durch die Nutzung eines Glukosesensors zur kontinuierlichen Glukosemessung vereinfacht, dies empfiehlt sich insbesondere bei Personen mit hohem Hypoglykämierisiko und sicherlich spezifisch bei Typ-1-Diabetes. Diese kontinuierlichen Glukosesysteme (und etwas weniger permanent, aber dafür technisch etwas einfacher bei den Flash Glukose Messsystemen) bieten über die Anzeige des aktuellen Wertes hinaus auch eine grafische Darstellung des bisherigen Verlaufs sowie Informationen zum aktuellen Glukosetrend, was wertvolle Mehrinformationen bietet. Darüber hinaus sind einige Geräte auch in der Lage, bei fallendem Blutzuckerspiegel den Nutzer akustisch zu warnen. In Studien wurde eine annehmbare Genauigkeit der Sensoren auch beim Sport gezeigt, allerdings ist aufgrund der Messung im Interstitium eine gewisse Zeitverzögerung im Vergleich zur kapillären Messung von 5–15 Minuten einzukalkulieren [25].

Als Zielbereich vor dem Sport wird oft generell ein Wert von 7 bis 10 mmol/l empfohlen [19]. Besondere Vorsicht ist sicherlich bei Werten unter 5 mmol/l oder bei kürzlich stattgefundenen Hypoglykämien geboten. Hierdurch können die Glykogenspeicher reduziert sein, was zu weiteren Hypoglykämien prädisponiert. Bei hyperglykämischen Werten ist besondere Vorsicht bei anaeroben Belastungen geboten, welche zu einem weiteren Anstieg der Glukosespiegel führen können. Bei Hyperglykämie und positiver Ketonurie ist Sport generell kontraindiziert und zu vermeiden (was primär für Patienten mit Typ-1-Diabetes essentiell ist, weil dort ein Insulinmangel kombiniert mit Sport rasch zu sehr gefährlichen metabolischen Situationen führen kann). Gänzlich auf Sport verzichtet werden sollte auch bei interkurrenter Erkrankung, ungeklärter Hyperglykämie sowie kürzlich vorangegangener schwerer Hypoglykämie.

Schlussfolgerung

Alle Patientinnen und Patienten mit Diabetes sollten mit wenigen Einschränkungen zu individuell angepasster, regelmässiger körperlicher Aktivität motiviert werden. Diese hat bei Typ-2-Diabetes generell positive Auswirkungen auf die glykämische Kontrolle und das kardiovaskuläre Ri-

siko wie auch viele weitere relevante Faktoren. Beim Typ-1-Diabetes ist eine sportliche Aktivität unter Einsatz der modernen verfügbaren Möglichkeiten und mit optimaler Betreuung sowohl im Freizeitbereich als auch bei Spitzenleistungen klar zu empfehlen.

Literatur

- Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, Fagerland MW, Owen N, Powell KE, et al. Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *Lancet* (London, England). 2016; 388(10051): 1302 – 10.
- Chen L, Pei JH, Kuang J, Chen HM, Chen Z, Li ZW, et al. Effect of lifestyle intervention in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Metabolism: clinical and experimental*. 2015; 64(2): 338 – 47.
- Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2016; 39(11): 2065 – 79.
- The Diabetes Prevention Program (DPP). Description of lifestyle intervention. 2002; 25(12): 2165 – 71.
- Chimen M, Kennedy A, Nirantharakumar K, Pang TT, Andrews R, Narendran P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*. 2012; 55(3): 542 – 51.
- Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*. 2017; 51(6): 494 – 503.
- Holloszy JO. Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. *Journal of Applied Physiology*. 2005; 99(1): 338 – 43.
- Bally L, Stettler C. Typ 1 Diabetes und Sport. *Medizin Forum*. 2014.
- Standards of Medical Care in Diabetes 2017. *Diabetes Care*. 2017; 40(Supplement 1): S1 – S135.
- Lindström J, Louheranta A, Mannelin M, Rastas M, Salminen V, Eriksson J, et al. The Finnish Diabetes Prevention Study (DPS). Lifestyle intervention and 3-year results on diet and physical activity. 2003; 26(12): 3230 – 6.
- Group LAR. Long term effects of a lifestyle intervention on weight and cardiovascular risk factors in individuals with type 2 diabetes: four year results of the Look AHEAD trial. *Archives of internal medicine*. 2010; 170(17): 1566.
- Gordon BA, Benson AC, Bird SR, Fraser SF. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2009; 83(2): 157 – 75.
- Newsom SA, Everett AC, Hinko A, Horowitz JF. A Single Session of Low-Intensity Exercise Is Sufficient to Enhance Insulin Sensitivity Into the Next Day in Obese Adults. *Diabetes Care*. 2013; 36(9): 2516 – 22.
- Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: A randomized trial. *Annals of Internal Medicine*. 2007; 147(6): 357 – 69.
- Umpierre D, Ribeiro PB, Kramer CK, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with hba1c levels in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011; 305(17): 1790 – 9.
- Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, et al. Effect of an intensive exercise intervention strategy on modifiable cardiovascular risk factors in subjects with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial: the italian diabetes and exercise study (ides). *Archives of Internal Medicine*. 2010; 170(20): 1794 – 803.
- Colberg SR, Zarrabi L, Bennington L, Nakave A, Thomas Somma C, Swain DP, et al. Postprandial Walking is Better for Lowering the Glycemic Effect of Dinner than Pre-Dinner Exercise in Type 2 Diabetic Individuals. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2009; 10(6): 394 – 7.
- Bohn B, Herbst A, Pfeifer M, Krakow D, Zimny S, Kopp F, et al. Impact of Physical Activity on Glycemic Control and Prevalence of Cardiovascular Risk Factors in Adults With Type 1 Diabetes: A Cross-sectional Multicenter Study of 18,028 Patients. *Diabetes Care*. 2015; 38(8): 1536 – 43.
- Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, Taplin CE, Adolfsson P, Lumb AN, et al. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. 2017; 5(5): 377 – 90.
- Kennedy A, Nirantharakumar K, Chimen M, Pang TT, Hemming K, Andrews RC, et al. Does Exercise Improve Glycaemic Control in Type 1 Diabetes? A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*. 2013; 8(3): e58861.
- McAuley SA, Horsburgh JC, Ward GM, La Gerche A, Gooley JL, Jenkins AJ, et al. Insulin pump basal adjustment for exercise in type 1 diabetes: a randomised crossover study. *Diabetologia*. 2016; 59(8): 1636 – 44.
- Bally L, Kempf P, Zueger T, Speck C, Pasi N, Ciller C, et al. Metabolic Effects of Glucose-Fructose Co-Ingestion Compared to Glucose Alone during Exercise in Type 1 Diabetes. *Nutrients*. 2017; 9(2): 164.
- Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Balaa N, Malcolm J, et al. Resistance Versus Aerobic Exercise. Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. 2013; 36(3): 537 – 42.
- Bally L, Zueger T, Buehler T, Dokumaci AS, Speck C, Pasi N, et al. Metabolic and hormonal response to intermittent high-intensity and continuous moderate intensity exercise in individuals with type 1 diabetes: a randomised crossover study. *Diabetologia*. 2016; 59(4): 776 – 84.
- Bally L, Zueger T, Pasi N, Carlos C, Paganini D, Stettler C. Accuracy of continuous glucose monitoring during differing exercise conditions. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2016; 112: 1 – 5.

Prof. Dr. med. Christoph Stettler

Universitätsklinik für Diabetologie, Endokrinologie,
Ernährungsmedizin und Metabolismus
Universität Bern, Inselspital
Freiburgstr. 4
3010 Bern
christoph.stettler@insel.ch