Diabetologie und Stoffwechsel

Diabetologie und Stoffwechsel

Oktober 2011 • Seite S105–S206 • 6. Jahrgang www.thieme-connect.de/ejournals S2 • 2011

Supplement 2 • Oktober 2011 • 6. Jahrgang • Seite S105–S206

Supplement

Praxisempfehlungen der Deutschen Diabetes-Gesellschaft

Hrsg.:
M. Kellerer, S. Matthaei im Auftrag der DDG

Aktualisierte Version 2011

Deutsche Diabetes Gesellschaft

Offizielles Organ der Deutschen Diabetes-Gesellschaft

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

125 Jahre Thieme

Diabetes, Sport und Bewegung

Autoren

F. W. Kemmer[1], M. Halle[2], M. Stumvoll[3], U. Thurm[4], P. Zimmer[5]

Institute

[1] vormals Klinikum Ernst von Bergmann gGmbH, Med. Klinik Nephrologie / Endokrinologie, Potsdam
[2] Präventive und rehabilitative Sportmedizin, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München
[3] Med. Klinik und Poliklinik III, Universitätsklinikum Leipzig, Leipzig
[4] c / o Ärztehaus Schönhauser Allee, Diabetologische Schwerpunktpraxis, Berlin
[5] Med. Klinik II, Klinikum Ingolstadt, Ingolstadt

Erstveröffentlichung
5 / 2006 in: „Diabetologie und Stoffwechsel", Thieme Verlag; Autoren der Erstveröffentlichung: W. Kemmer, M. Halle, M. Stumvoll, U.Thurm, P. Zimmer

Letzte Aktualisierung
6 / 2009

Widmung
Herrn Univ. Prof. Dr. med. Dres. hc. mult. Michael Berger für seine Verdienste in der Grundlagenforschung über die Physiologie der Muskelarbeit und deren Bedeutung für die Behandlung des Diabetes mellitus.

Bibliografie
DOI 10.1055/s-0031-1283771
Diabetologie 2011; 6 Suppl 2: S 176–S 179
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York ·
ISSN 1861-9002

Korrespondenzadresse
Prof. Dr. med. F. W. Kemmer
Flottbeker Weg 2
13581 Berlin
Tel.: 0 30 / 3 66 02 35
fwkemmer@t-online.de

Physiologie der Muskelarbeit

Muskelarbeit bezeichnet ganz allgemein Körperbewegung oder körperliche Aktivität durch Muskelkontraktionen, die zu einem Energieverbrauch zusätzlich zum Grundumsatz führt. Aus pathophysiologischer Sicht folgt jede Art körperlicher Aktivität, unabhängig davon ob sie im Alltagsleben, im Beruf oder in der Freizeit in strukturierter Form als Sport geleistet wird, den gleichen metabolischen und hormonellen Regelmechanismen.

Unter Ruhebedingungen wird der Energiebedarf der Skelettmuskulatur fast vollständig durch die Oxidation freier Fettsäuren gedeckt. Mit einsetzender Muskelarbeit steigt der Energiebedarf akut an und kann unter Umständen das 8- bis 10-fache des Ruhebedarfs erreichen. Zur Deckung dieses Energiebedarfs greift die Muskulatur anfangs vorrangig auf Glukose und erst bei länger als einer Stunde andauernder Muskelarbeit auf eine Mischung aus freien Fettsäuren und Glukose zurück. Dabei überwiegt der Anteil der Fettsäureoxidation und variiert in Abhängigkeit vom Trainingszustand zwischen 60 und 75 % der VO_2 max.

Der Glukoseverbrauch wird initial aus den eigenen muskulären Glykogenreserven gedeckt. Überlappend wird wenige Minuten nach Beginn der Muskelarbeit die Glukoseaufnahme aus dem Blut durch die Eigenkontraktion der Muskulatur in Anwesenheit von Insulin erheblich gesteigert. Die Steigerung des Glukosetransports aus dem Blut in die Muskelzelle erfolgt durch die Translokation der Glukosetransporter (GLUT-4) vom endoplasmatischen Retikulum in die Muskelzellmembran. Diese Translokation wird durch die Eigenkontraktion der Muskulatur induziert und entspricht der physiologischen Wirkung des Insulins.

Ein Abfall des Blutzuckerspiegels unter Muskelarbeit wird durch eine präzise und adäquate Steigerung der hepatischen Glukosefreisetzung (HGP) ausgeglichen, wenn keine gleichzeitige Glukoseresorption aus der Nahrung zur Verfügung steht. Die Steigerung der HGP wird im Wesentlichen durch eine Hemmung der pankreatischen Insulinsekretion und dem daraus resultierenden Abfall des Insulinspiegels im Pfortaderblut bewirkt. Unterstützend und modulierend wirken dabei die kontrainsulinären Hormone (Katecholamine, Glukagon, Cortisol und Wachstumshormon).

Diese Anpassungsvorgänge der Glukosebereitstellung führen je nach Dauer und Intensität der Muskelarbeit zur teilweisen bis vollständigen Entleerung der muskulären und hepatischen Glukosespeicher. Diese werden nach Beendigung der Muskelarbeit wieder aufgefüllt. In Abhängigkeit vom Entleerungsgrad kann die Glukoseaufnahme in die Muskulatur noch bis zu 48 Stunden nach Ende der Muskelarbeit erhöht sein.

Nutzen und Nachteile von Muskelarbeit für Menschen mit Typ-1-Diabetes

Pathophysiologie

Bei Menschen mit Typ-1-Diabetes fehlt die endogene Insulinsekretion. Die notwendige exogene Insulinsubstitution stört die physiologische, fein abgestimmte Regulation des Substratflusses während der Muskelarbeit. So führt jede Insulininjektion zu einem relativen Insulinüberschuss. Dieser verhindert während Muskelarbeit die bedarfsgerechte Steigerung der HGP bei gleichzeitig stark stimulierter muskulärer Glukoseaufnahme. Daraus resultiert ein Abfall des Blutglukosespiegels, der bei erhöhtem Ausgangswert des Blutzuckers erwünscht ist, aber bei längerer Dauer der Bewegung und bei bereits zu Beginn der Muskelarbeit bestehender Normoglykämie rasch unerwünschte Hypoglykämien zur Folge hat.

Auslassen von Insulininjektionen, Katheterokklusionen bei Insulinpumpentherapie oder Infekte

führen zu einem absoluten bzw. relativen Insulinmangel. Dieser Insulinmangel führt zusammen mit den kontrainsulinären Hormonen zu einer Steigerung der HGP, während parallel dazu die Glukoseaufnahme in die Muskulatur nur geringfügig zunimmt. Ergebnis ist ein Anstieg des Blutzuckers. Der gesteigerte Energiebedarf der arbeitenden Muskulatur wird dann fast vollständig durch freie Fettsäuren gedeckt, was die Entstehung einer Ketoazidose durch Muskelarbeit erklärt.

Konsequenzen für den Umgang mit Sport

- Regelmäßig durchgeführter Ausdauersport kann zwar vom Grundsatz her bei Typ-1-Diabetikern das kardiovaskuläre Risikoprofil und das HbA_{1C} verbessern, aber jede Muskelarbeit einschließlich Sport stört die Glukosehomöostase und stellt daher keine allgemein brauchbare Therapieoption zur langfristigen Verbesserung der Stoffwechseleinstellung dar.
- Sport und Spiel sind für alle Menschen ein Stück Lebensqualität und insbesondere für Kinder und Jugendliche ein wichtiges integratives Moment. Daher müssen alle therapeutischen Bemühungen primär auf die Vermeidung sportinduzierter Ketoazidosen und Hyper- und Hypoglykämien abzielen.
- Sportinduzierte Hypoglykämien lassen sich durch Imitation der physiologischen Insulinsekretion in Kombination mit zusätzlichen exogenen Kohlenhydraten vermeiden.
- Bei Blutzuckerwerten > 13,9 mmol / l (250 mg / dl) und Ketonämie (Blutazeton > 1,1 mmol / l) und Ketonurie (Azeton im Urin) liegt ein starker Insulinmangel vor. Dieser muss durch Insulinsubstitution behoben werden, bevor Muskelarbeit begonnen oder fortgesetzt wird.
- Praktische Wissensvermittlung über Präventionsstrategien muss Bestandteil jeder strukturierten Schulung für Typ-1-Diabetiker sein.

Praxis der Prävention sportinduzierter Komplikationen

Basisregeln

- Da es nur grobe Dosis-Wirkungsbeziehungen gibt, müssen individuelle Anpassungsregeln erarbeitet werden.
- Bei Bewegung und Sport häufige Blutzuckerselbstkontrollen durchführen und zusammen mit Insulindosis und Zusatz-KHE in einem Sporttagebuch protokollieren. Dieses Protokoll bildet die Basis für die Analyse individueller Stoffwechselreaktionen bei Sport, dient zur Sammlung von Erfahrungen und hilft bei Therapieoptimierung mit dem Arzt oder Diabetes-Team.
- Immer Traubenzucker, Glukosegel o. Ä. in der Sportkleidung mitnehmen.
- Sportkameraden, Freunde, Trainer, Lehrer über Hypoglykämierisiko und Gegenmaßnahmen informieren.
- Umgebungsbedingungen (Hitze, Kälte) und Höhe müssen mit berücksichtigt werden.

Dosisfindung für Insulin und Zusatz-KHE

- Für die Festlegung der Insulindosisreduktion und zusätzlicher Kohlenhydrate beim Sport müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:
- Art, Intensität und Dauer der Muskelarbeit.
- Trainingszustand.
- Einflüsse auf Insulinverfügbarkeit durch Umgebungstemperatur, Injektionsort und -zeitpunkt des Insulins, Art des Insulinpräparates (Normalinsulin, Basalinsulin, Mischinsulin, Insulinanaloga), Höhe der Insulindosis, Art der Therapieform (CT, ICT CS II).
- Höhe des aktuellen Blutzuckers vor der Bewegung.
- Zeitpunkt der letzten Mahlzeit vor der Bewegung.
- Art und Menge der aufgenommenen Kohlenhydrate.
- Vor mehrstündigem und ganztägigem Sport Normal- und Basalinsulin bis zu 50 % reduzieren.
- Bei ganztägigem Sport, Sport am Nachmittag und Abend Basalinsulin abends in Abhängigkeit von Dauer und Intensität 10 bis 50 % reduzieren, da die Auffüllung der muskulären Glykogendepots der Muskulatur bis zum nächsten Tag dauern kann. Gleichzeitig kann auch die KHE-Zufuhr nach dem Sport erhöht werden.
- Bei Sport von kurzer Dauer und geringer Intensität nur zusätzliche Kohlenhydrate (sog. Sport-BE) essen.
- Wenn die Verminderung der Insulindosis unmöglich oder unpraktikabel ist, müssen wiederholt (alle 20–30 min) zusätzliche Kohlenhydrate in kleinen Mengen (1–2 KHE) mit hoher Energiedichte getrunken oder gegessen werden.
- Mehrere Portionen von 1 bis 2 KHE sollen auf den Zeitraum vor, während und nach der Bewegung verteilt werden.
- In Abhängigkeit von Dauer und Intensität können Zusatz-KHE von insgesamt 8 oder mehr erforderlich sein.
- Geeignet sind Cola, Fruchtsäfte, Müsliriegel, Obst und Brot. Welche Kombination dieser KHE besonders geeignet ist, muss individuell ermittelt werden.

Praxistools (s. Anhang)

Tab. 1: Prävention sportinduzierter Komplikationen bei Therapie mit Insulinanaloga
Tab. 2: Prävention sportinduzierter Komplikationen bei Therapie mit Insulinpumpe

Praxistools (s. Anhang)

Es gibt für Typ-1-Diabetiker keine besonders geeigneten oder ungeeigneten Sportarten. Zum Beispiel sind aber Tauchen, Fallschirmspringen, Extrem-Klettern, Skitouren in großer Höhe, Wildwasser-Kanufahren oder Drachenfliegen Sportarten mit besonderen Gefahren, weil Risiken durch eingeschränkte Urteilsfähigkeit bei Hypoglykämien entstehen können. Solche Sportarten sind für Diabetiker ungeeignet. Falls sie dennoch durchgeführt werden, erfordern sie große persönliche Erfahrung, besonders sorgfältiges Verhalten, individuelle Planung und eine intensive Schulung.
Auf ausreichende Flüssigkeitszufuhr muss immer geachtet werden. Erhöhte Blutzuckerwerte erfordern eine zusätzliche Steigerung der Flüssigkeitszufuhr, um eine Dehydrierung zu vermeiden.

Sport bei diabetischen Spätschäden

- **Bei proliferativer Retinopathie Blutdruckanstiege über 180–200 / 100 mmHg vermeiden.**
- **Nach Laserung der Netzhaut oder Augenoperation 6 Wochen keine körperliche Belastung.**
- **Krafttraining und Kampfsportarten sind bei Retinopathie ungeeignet und potenziell schädlich.**
- **Bei peripherer diabetischer Neuropathie bestehen Risiken durch unpassendes Schuhwerk für die Manifestation eines Diabetischen Fußsyndroms (siehe Leitlinien DFS).**
- **Bei bestehender autonomer Neuropathie muss die Störung der physiologischen Blutdruck- und Herzfrequenzregulation beachtet werden.**

Nutzen und Nachteile von Muskelarbeit für Menschen mit gestörter Glukosetoleranz und / oder Typ-2-Diabetes

Pathophysiologie

Der grundlegende Defekt dieser Erkrankung ist die gestörte Insulinsensitivität in Verbindung mit einer relativen Defizienz der sekretorischen Kapazität des Insulins. Maßnahmen, die die Steigerung der Insulinsensitvität bewirken, bieten daher eine kausale therapeutische Option zur Behandlung dieser Menschen.

Jede akute Muskelaktivität steigert die Glukoseaufnahme unabhängig vom Insulin durch Stimulation der Translokation von GLUT-4 in die Zellmembran und bewirkt dadurch auch bei Typ-2-Diabetes einen akuten Abfall des Blutzuckers. Ständige Wiederholung von Muskelarbeit in Form von Ausdauertraining steigert die Insulinsensitivität vor allem in der Muskulatur und nur unwesentlich im Fettgewebe. An diesem Anstieg der Insulinsensitivität in der Muskulatur sind sowohl stärkere Insulinbindung an Insulinrezeptoren der Muskelzellen als auch eine Zunahme der muskulären Insulinrezeptoren, die gesteigerte Aktivität zytoplasmatischer und mitochondrialer Enzyme und die Zunahme der Kapillardichte beteiligt. Eine ganz zentrale Rolle kommt neben der insulinunabhängigen Stimulation der GLUT-4-Translokation in die Muskelzellmembran auch der gesteigerten Expression des GLUT-4-Gens durch Ausdauertraining zu, was zu einer gesteigerten Insulineffektivität bei der Stimulation der Glukoseaufnahme des Muskels führt.

Therapeutischer Nutzen

- Bei bestehendem Typ-2-Diabetes können durch Ausdauertraining eine Senkung des Blutzuckers sowie die Verbesserung kardiovaskulärer Risikofaktoren wie Übergewicht, Dyslipidämie und Hypertonie erreicht werden. Bisher fehlen aber Studien, die untersuchen, ob eine Senkung der Exzessmortalität bei diesen Menschen erreicht werden kann.
- Bei gestörter Glukosetoleranz lassen sich durch Ausdauertraining zusätzlich die Insulinsensitivität und die Stoffwechseleinstellung verbessern. Dieser Effekt hält aber nur wenige Tage an, wenn das Ausdauertraining beendet wird. Um einen dauerhaften positiven Therapieeffekt durch Muskelarbeit zu erreichen, ist die lebenslange Umstellung auf einen aktiven Lebensstil erforderlich.
- Eine dauerhafte Umstellung auf einen aktiven Lebensstil kann bei gestörter Glukosetoleranz das Risiko für die Manifestation eines Typ-2-Diabetes verringern.
- Ein dauerhaft aktiver Lebensstil senkt auch bei Personen mit Übergewicht und positiver Familienanamnese für Typ 2-Diabetes und Hypertonie das Manifestationsrisiko für Typ-2-Diabetes.

Hindernisse auf dem Weg zu einem aktiven Lebensstil

Ein grundlegendes Problem besteht darin, dass die Mehrzahl aller Typ-2-Diabetiker älter als 60 Jahre ist und wegen erhöhter Morbidität und Risikofaktoren (koronare Herzkrankheit, periphere arterielle Verschlusskrankheit, periphere diabetische Neuropathie, proliferative diabetische Retinopathie, Hypertonie), Immobilität und fehlender Motivation nicht oder nur eingeschränkt an Bewegungsprogrammen teilnehmen kann. Allerdings ist gerade hier der Nutzen körperlicher Aktivität besonders evident.

- Bewegungsprogramme sind dann zum Scheitern verurteilt, wenn sie die potenziellen Teilnehmer körperlich und psychisch überfordern.
- Um bei älteren Menschen Erfolg zu haben, müssen Bewegungsprogramme deren körperliche Fähigkeiten, altersbedingten Leistungsabbau, krankheitsbedingte Beeinträchtigungen, ihre Interessen, ihre sozialen Bindungen und vor allem ihre Lebensgewohnheiten berücksichtigen.
- Bewegungsprogramme, die diese Prinzipien nicht berücksichtigen, können eher schaden, wenn sie organische Schäden auslösen und Minderwertigkeits- oder Schuldgefühle wecken oder verstärken.
- Bewegungsprogramme sollten vor allem dazu genutzt werden, Freude an Bewegung zu wecken und den Einstieg in einen aktiven Lebensstil zu ermöglichen.
- Bewegungsprogramme können als Keimzelle für neue Freundeskreise fungieren, in denen Wandern, Nordic-Walking, Radfahren, Schwimmen, Gymnastik oder andere Ausdauersportarten gepflegt werden.
- Bewegungsprogramme für Diabetiker können auch in Herzsportgruppen integriert werden.

Praktisches Vorgehen bei der Durchführung von Bewegungsprogrammen

- Bewegungsprogramme sollen primär die aerobe Ausdauer steigern, weil sie aus metabolischer und kardiopulmonaler Sicht gesundheitlich das wertvollste Element darstellen. Empfehlenswert sind Ausdauersportarten, die dynamische Beanspruchungen möglichst großer Muskelgruppen gegen einen möglichst geringen Widerstand in rhythmisch gleich bleibender Form erlauben, wie z. B. Nordic-Walking, schnelles Gehen, Bergwandern, langsamer Dauerlauf, Skiwandern, Schwimmen oder Radfahren.
- Will man zusätzlich auch alterungsbedingten Verlusten entgegenwirken durch motorische Beanspruchungsformen, die neben Ausdauer ebenfalls Geschicklichkeit, Schnellkraft, Reaktionsvermögen, Koordination und Gelenkigkeit erfordern, sind Ballspiele besser geeignet.
- Bewegungsprogramme können auch Elemente von Krafttraining enthalten, da günstige Wirkungen beschrieben sind. Dabei ist allerdings das Risiko durch Blutdruckanstiege bei bekannter Hypertonie zu beachten.
- Zusätzlich sollte die Alltagsaktivität (Treppensteigen, Spazierengehen, Gartenarbeit etc.) gesteigert werden.

Faustregeln für das Bewegungsprogramm

- **Zur Beurteilung der körperlichen Belastung wird als indirektes Maß die Herzfrequenz genutzt, da gesicherte Beziehungen zwischen Herzfrequenz und O_2-Aufnahme bestehen.**
- **Die initiale Belastungsintensität sollte niedrig gehalten werden.**
- **Faustregel: Herzfrequenz 180 / min minus Lebensalter nicht überschreiten. Allerdings gilt diese Regel nicht unter Betablocker-Therapie. Optimal ist die Durchführung einer Ergometrie mit Bestimmung der maximalen Herzfrequenz.**
- **Anfängliche Belastungsdauer von 10 min nicht überschreiten.**
- **Belastungsdauer und -intensität über Wochen langsam steigern.**
- **Zur Erzielung der gewünschten Langzeiteffekte werden Belastungsintervalle von 30 bis 60 min 3- bis 4-mal pro Woche benötigt.**

Vermeiden von Komplikationen durch Bewegungsprogramme

- Ältere Menschen mit Typ-2-Diabetes mellitus haben im Vergleich zu gleichaltrigen Gesunden ein höheres kardiovaskuläres Risiko. Dieses Risiko liegt umso höher, je geringer die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit ist. Zur Vermeidung unerwünschter kardiovaskulärer Zwischenfälle nach jahrelangem Bewegungsmangel müssen vor Beginn strukturierter Bewegungsprogramme eine differenzierte Anamneseerhebung, ausführliche klinische Untersuchung mit Blutdruckmessung und ein Ruhe-EKG durchgeführt werden. Mit einer zusätzlichen ergometrischen Untersuchung, ggf. mit Laktatbestimmung oder Spirometrie, lassen sich kardiopulmonale Leistungsfähigkeit und kardiales Risiko durch KHK vor Beginn des Bewegungsprogramms einschätzen.
- Während der Trainingsstunden in Diabetikersportgruppen für Diabetiker ohne Risikoprofil für KHK ist keine Arztpräsenz erforderlich.
- Diabetiker mit definiertem Risikoprofil für KHK gehören in eine Herzsportgruppe, weil in diesen Gruppen ein in Notfallmedizin geübter Arzt anwesend ist, der über Defibrillator und Notfallkoffer verfügt.
- Blutzuckermessungen vor, während und nach dem Sport bei Diabetikern durchführen, die mit Insulin und / oder Sulfonylharnstoffen behandelt werden.
- Beachtung von Insulindosisanpassung und Zusatz-KHE bei Typ-2-Diabetikern mit Insulinbehandlung.
- Reduktion oder Absetzen von Sulfonylharnstoffen kann erforderlich werden, um Hypoglykämien zu vermeiden.
- Bezüglich der Spätschäden und des Trinkverhaltens gelten die gleichen Regeln wie bei Typ-1-Diabetikern.

Adressen im Internet

▼

www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de

- Aktuelle Fassung der evidenzbasierten Leitlinien

www.diabetes-sport.de

- Initiativgruppe Diabetes & Sport e. V.: Arbeitsgemeinschaft der DDG

www.diabetes-deutschland.de

- Informationssystem zum Diabetes mellitus

Anhang: Praxistools

▼

Tab. 1 Prävention sportinduzierter Komplikationen bei der Therapie mit Insulinanaloga.

– Bei Sportbeginn bis zu 3 Stunden nach Insulininjektion und einer Mahlzeit werden kurz wirkende Insulinanaloga zwischen 25 und 75 % reduziert.
– Bei Sportbeginn von mehr als 3 Stunden nach Injektion und Mahlzeit keine Reduktion kurz wirkender Analoga, bei Bedarf zusätzliche Kohlenhydrate.
– Insulinanaloga mit Langzeitwirkung bei kurzzeitigem Sport nicht reduzieren, da während der Zeiten ohne Bewegung Nachteile für die Stoffwechselkontrolle entstehen und Hypoglykämien besser durch Zusatz-KHE und Reduktion der kurzwirksamen Insuline vermieden werden können.
– Insulinanaloga mit Langzeitwirkung (Glargin) sollten vor ganztägigen körperlichen Aktivitäten um 20–40 % und danach um ca. 10–20 % reduziert werden.

Tab. 2 Prävention sportinduzierter Komplikationen bei der Therapie mit einer Insulinpumpe.

– Für die Reduktion des Mahlzeitenbolus und Zusatz-KHE gelten die gleichen Regeln wie bei traditioneller Insulininjektionstechnik.
– Bei Sport von mehr als 1 bis 2 Stunden Dauer Basalrate bei Normalinsulin 2 Stunden und bei Analoginsulin ca. 1 Stunde vor Beginn der Muskelarbeit halbieren und je nach Dauer und Intensität der Bewegung bis zu 14 Stunden mit um 10 bis 50 % reduzierter Basalrate laufen lassen (s. o. Auffülleffekt der muskulären Glykogendepots).
– Bei Ablegen der Pumpe für mehr als 2–4 Stunden Umstellung auf traditionelle Injektionstechnik.