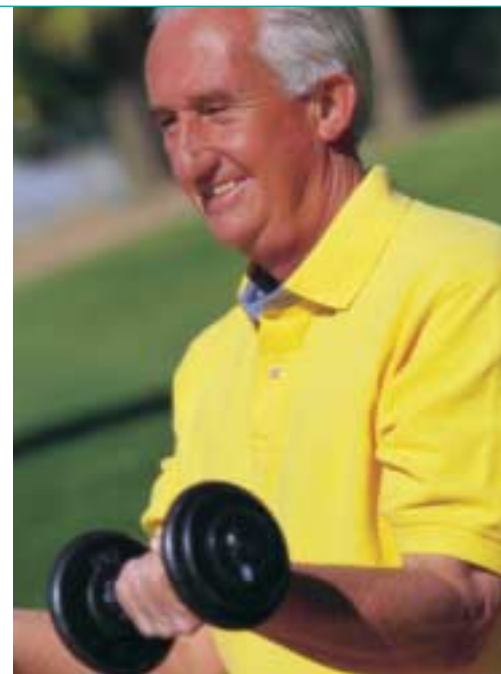


Gewichtsabnahme ist nicht alles

Die Muskeln spielen lassen gegen Diabetes

Dr. med. Franz Josef Linnenbaum, Arzt für Orthopädie, Bielefeld

Als Teilsymptom eines metabolischen Syndroms entwickelt sich in westlich geprägten Zivilisationen bei entsprechender Disposition immer häufiger und in immer jüngeren Jahren ein Diabetes mellitus vom Typ 2. Die kontinuierliche Zunahme der Prävalenz ist nicht nur alarmierend; sie deckt vielmehr für alle Beteiligten (Patient, Arzt, Sozialversicherungssysteme, Politik) die unzureichende Wirkung eines auf alleiniger Pharmakotherapie beruhenden Behandlungskonzeptes auf und unterstreicht die Notwendigkeit, neue Strategien für Prävention und Behandlung dieser Erkrankung zu entwickeln.



Vorbeugung im doppelten Sinn: Krafttraining vermag eine Insulinresistenz der Skelettmuskulatur zu mindern

→ **ÜBERSICHT**

- | Hintergrund
- | Bedeutung der Typ-II-Muskulatur
- | Problematik der Gewichtsreduktion
- | Gesundheitsorientiertes Krafttraining

Die Skelettmuskulatur wird in erster Linie als integraler Bestandteil der Bewegungsorgane angesehen. Ihre Bedeutung geht aber über ihre Funktion als Motor der Bewegungsorgane weit hinaus. Die Muskulatur nimmt vielmehr eine Schlüsselposition im Stoffwechsel des menschlichen Organismus ein. Die Tatsache, dass Muskeln im technisierten Alltag westlicher Zivilisationen immer weniger gefordert werden und in ihrem unzureichend entwickelten Zustand oftmals die Hauptursache für die Entwicklung von Schmerzen in den Bewegungsorganen und insbesondere der Wirbelsäule sind, wird zunehmend anerkannt. Als eine der wesentlichsten Ursachen für die Entwicklung der typischen Zivilisationserkrankungen der westlichen Hemisphäre wird der Muskelapparat jedoch nicht wahrgenommen. Das gilt zum Beispiel für den Zusammenhang mit dem Metabolischen Syndrom, das in seiner Gesamtausprägung neben dem Diabetes Typ 2 zusätzlich die Teil-

symptome Adipositas, Hypertonie und Hypercholesterinämie aufweist.

Zu wenig stoffwechselaktive Muskulatur macht krank

Historisch gesehen divergierten Energiebedarf und -zufuhr mit der Zeit derart, dass sich in der graphischen Darstellung ein X formt (Abb. 1). Deswegen hat sich in den USA für das metabolische Syndrom der Name „**Syndrom X**“ eingebürgert. Es kennzeichnet einerseits die zu reichliche (und falsche) Ernährung, andererseits den Mangel an muskulärer Belastung. Die Annahme einer zu fettreichen Ernährung als Hauptursache der Adipositas und damit einhergehend auch des Typ-2-Diabetes wurde vor 30 bis 40 Jahren verbreitet. Trotzdem konnten mehrere große prospektive Studien zum Ernährungsverhalten bisher keinen eindeutigen Nutzen einer fettreduzierten Diät sichern. Das sogenannte amerikanische Paradoxon besteht in dem nur scheinbaren Widerspruch eines zwar in den USA lan-

desweit nachgewiesenen verminderten Fett- und Kalorienkonsums pro Kopf der Bevölkerung und der trotzdem damit einhergehenden weiteren Zunahme der Prävalenz der Adipositas inklusive ihrer Folgeerkrankungen. Das Rätsel löst sich, wenn man eingesteht, dass der praktische Alltag für breiteste Bevölkerungskreise ein nie gekanntes Ausmaß an muskulärer Schonung zulässt. Gezieltes Auftrainieren der vernachlässigten Muskulatur schafft hier ursächliche Abhilfe.

Typ-II-Muskelfasern verbrauchen mehr Glukose

Für das Verständnis der besonderen Wirkung von Krafttraining auf Muskulatur

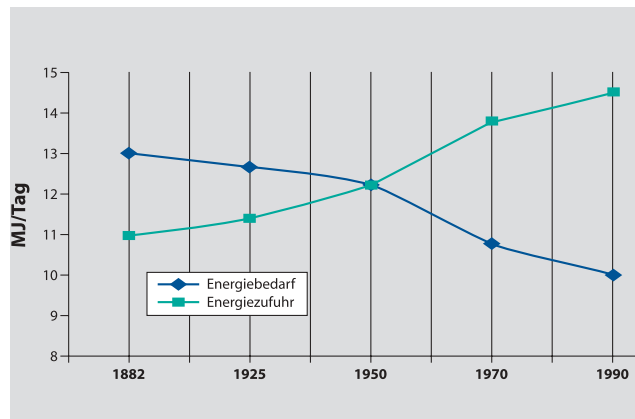


Abb. 1: Entwicklung von Energiebedarf und -zufuhr in industrialisierten Ländern während des zurückliegenden Jahrhunderts

und Stoffwechsel ist wesentlich, dass sich Skelettmuskulatur histomorphologisch und biochemisch in unterschiedliche Fasertypen einteilen lässt:

■ „fast twitch“ oder Typ II (auch phasisch genannt)

■ „slow twitch“ oder Typ I (auch tonisch genannt).

Obwohl zwischenzeitlich feiner differenzierende Einteilungsschemata für die unterschiedlichen Muskelfaser-Isoformen existieren, hat sich für Aspekte des Stoffwechsels die Beibehaltung der Unterteilung in Typ-I- und -II-Fasern bewährt (Tab. 1).

Typ-II-Fasern sind auf große Kraftentwicklung bei kurzer Leistungsdauer ausgelegt (z.B. Sprinten). Sie haben im Vergleich zu Fasern des Typs I wenig mitochondriale Enzyme, erscheinen weiß, sind jedoch reich an energiefreisetzenden Enzymen (ATPase, glykolytische Enzyme). Sie nehmen in ihrer Menge mit dem Alter kontinuierlich ab und werden nicht mehr rekrutiert, wenn muskuläre Belastungen gemieden werden. Typ-I-Fasern hingegen besitzen nur geringe Mengen an ATPase und wenig glykolytische Enzyme. Sie werden bei geringer Kraftentwicklung stets als erste aktiviert und benötigen wesentlich weniger Energie für ihre Kontraktionsarbeit. Mit dem Alter nehmen sie wegen der überdurchschnittlichen Abnahme der Typ-II-Fasern relativ zu. Typ-I-Fasern sind für Ausdauerbelastungen geeignet (z.B. Marathonlauf). Bei entsprechendem Trainingszustand sind sie reich an leistungsfähigen Mitochondrien mit aktivierten mitochondrialen Enzymsystemen (Zitronensäurezyklus, Atmungskette) und erscheinen infolge der in den Mitochondrien enthaltenen Zytochromoxidase rot. Für Stoffwechselbetrachtungen entscheidend ist die Tatsache, dass Typ-II-Fasern wesentlich mehr Energie verbrauchen und deutlich mehr Glukose nutzen als die vom Typ I.

Interessant ist der Vergleich der Muskelfaseranteile verschiedener Leistungssportler mit einem Typ-2-Diabetiker (Abb. 2). Unter gesundheitsorientierten Gesichtspunkten ist die Wiederherstellung eines Normalzustandes die richtige Zielvorstellung – nicht die sportliche Spezialisierung.

Tab. 1 TYPEN VON MUSKELFASERN

	Tonische Fasern (Typ I)	Phasische Fasern (Typ II)
Farbe	rot	weiß
Form	dünn	dick
dominierende Enzyme	Oxidation von Ketonkörpern, Pyruvat, β -OH-BS	Glykolyse
Geschwindigkeit	> 60 msec Kontraktionsgeschwindigkeit	< 60 msec Kontraktionsgeschwindigkeit
reich an	Triglyzeriden, freien Fettsäuren, Phospholipiden	energiereichen Phosphaten, Glykogen
Glukoseabbaurate	niedrig	hoch
Energieverbrauch	niedrig	hoch
bevorzugt durch	Ausdauerbelastung	Krafttraining
nimmt mit Alter	zu	ab

Gesundheitsorientiertes Krafttraining rekrutiert Typ-II-Fasern

Die Krankheitsgeschichte des typischen Typ-2-Diabetikers ist meist charakterisiert durch ständiges Überangebot an Energieträgern, insbesondere Glukose, sowie ein in der Regel damit einhergehendes Fettspeicherproblem mit – Dispositionslage vorausgesetzt – konsekutiver Stoffwechsel-Entgleisung. Übereinstimmend wird die Insulinresistenz der Muskulatur als übergeordnete pathogenetische Ursache anerkannt. Der therapeutische Hebel außerhalb bzw. neben den pharmazeutischen Therapiekonzepten muss daher auch an der Muskulatur angesetzt werden und nicht – wie bisher bevorzugt – am Fettgewebe.

Der Typ-2-Diabetiker besitzt vorzugsweise energieökonomische Typ-I-Muskulatur, aber zu wenig stoffwechselaktive Typ-II-Fasern. Er ist gut beraten, die gesamte Muskulatur seines Körpers einem ge-

sundheitsorientierten Krafttraining zu unterziehen. Damit baut er am effektivsten Muskulatur auf und rekrutiert vorzugsweise Typ-II-Fasern. Diese benötigen mehr Energie und dies nicht nur unter Belastung, sondern insbesondere in Ruhe.

Der Glukose-Clamp-Test

Nachdem bereits die theoretische Betrachtung nahelegt, dass Krafttraining einen gestörten Glukosestoffwechsel positiv beeinflussen müsste, beweist dies auch die Literatur. Um den Effekt eines Trainingsprogramms auf die zugrunde liegende Erkrankung, die Insulinresistenz der Muskulatur, exakt zu messen, kann man auf den euglykämisch-hyperinsulinämischen Glukose-Clamp-Test nicht verzichten. Dabei wird dem ruhenden Organismus eines Probanden nach Einstellung eines Äquilibrium kontinuierlich eine definierte Menge Glukose per Dauertropfinfusion in eine Armvene infundiert. Gleich-

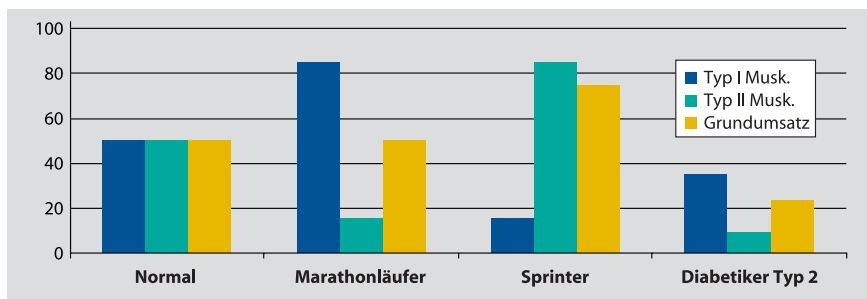


Abb. 2: Typ-I/II-Faserdominanz und Grundumsatz im schematisierten Vergleich von fiktiven Leistungssport-Antipoden mit einem fiktiven Typ-2-Diabetiker

zeitig, und unter fortwährender Messung der Glukosekonzentration im Blut, infundiert man in die andere Armvene gerade so viel Insulin, wie nötig ist, um den Organismus euglykämisch zu halten. Die Gesamtmenge an verbrauchtem Insulin, die über den gesamten Untersuchungszeitraum zur Aufrechterhaltung der Euglykämie erforderlich war, gibt den exaktesten Aufschluss über die Leistungsfähigkeit der Muskulatur, Glukose zu verwerten, bzw. über das Ausmaß der muskulären Insulinresistenz.

Die Leitung der zur Zeit laufenden Diabetes-Präventionsstudie in Finnland (Diabetes Prevention Study, DPS) liegt in Händen von J. Eriksson. Seine Arbeitsgruppe nutzt den Clamp-Test, um die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Trainingskonzepte hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Typ-2-Diabetes zu untersuchen. 1998 schrieb Eriksson bereits, dass Krafttraining gerade bei den problematischen und Hochrisiko-Fällen in das Übungsprogramm integriert gehört. 1999 gibt er in seinem Artikel über die Übungstherapie bei Typ-2-Diabetes ein klares Statement für das Krafttraining ab und hat dies auf dem GMKT-Kongress im München im März 2002 unterstrichen. Er empfiehlt schließlich unter Hinweis auf eine ausgedehnte Literaturlauswahl **Krafttraining als unverzichtbaren Bestandteil** eines optimalen Trainingsprogramms für Typ-2-Diabetiker.

Nicht Abnehmen und Muskeln verlieren – Fett gegen Muskeln tauschen!

Der Typ-2-Diabetiker ist meist übergewichtig und weist meist mehrere, nicht selten alle Teilsymptome eines Metabolischen Syndroms auf. Grundsätzlich wird ihm die Gewichtsreduktion empfohlen. Meist hat der Übergewichtige zahlreiche frustrane Versuche hinter sich. Selbst wenn er erfolgreich ist und sein Gewicht durch Nahrungsrestriktion konstant halten kann, verliert er im Laufe der Jahre immer mehr dringend benötigte Muskulatur und baut Fettmasse auf. Seine Grunderkrankung wird durch diese Entwicklung trotz seines Verzichts negativ beeinflusst. Abb. 3 zeigt den typischen Verlauf hypokalorischer Ernährungsphasen inklusive der Folgen tendenziell auf. Mit jeder Ge-

wichtsreduktion sinkt das Muskelgewicht des Körpers und damit auch der Grundumsatz. In der Reaktionsphase erhöht sich bei kleinen „Diätfehlern“ das Körperfettgewicht wieder, während die Muskulatur auf reduziertem Niveau verbleibt. Ein Ausdauertraining kann den Verlust an Muskulatur zwar einschränken, jedoch nicht völlig verhindern. Der Grundumsatz sinkt, und zwar mit jedem frustrierten Gewichtsreduktionsversuch zunehmend – und bei Fortsetzung hypokalorischer Kost umso intensiver. Nur ein **Ganzkörperkrafttraining** ist in der Lage, im Laufe eines massiven Gewichtsreduktionsprogramms (30 bis 40 kg; bis zu Normalgewicht), den Verlust an Muskulatur nicht nur zu verhindern, sondern die Muskulatur sogar zu steigern. Auch wenn zahlreiche Studien einen positiven Effekt, den z. B. bereits geringfügige Gewichtsabnahmen von ca. 5 % hinsichtlich der Hypertonie bewirken, nachweisen können, so muss der langfristige Effekt bezweifelt werden, wenn die Ursache der Erkrankung nicht effektiv angegangen wird. Um so mehr muss auf das sprunghaft steigende Mortalitätsrisiko der Gewichtsreduktionen in der Größenordnung von 30 bis 40 kg bei schwer übergewichtigen Menschen und insbesondere Diabetikern hingewiesen werden. Grund dafür ist die massive Reduktion der Muskulatur, die ohne den Schutz eines Krafttrainingsprogramms unweigerlich eintritt und den Patienten so weit schwächt, dass nicht nur eine

weitere Stoffwechselverschlechterung eintritt, sondern mit Regelmäßigkeit Stürze mit endgültig immobilisierenden Frakturen und deletären Folgen auftreten. Aus diesem Grunde gilt: Der erste Schritt zur Rehabilitation des Diabetes vom Typ 2 sollte nicht die Gewichtsreduktion sein, sondern die Reaktivierung und lebenslang fortgesetzte **Pflege der Muskulatur** durch ein konsequent verfolgtes Krafttrainingsprogramm. Nur unter dieser Prämisse ist ein zusätzliches Programm zur Gewichtsreduktion (Ausdauertraining, Ernährungsumstellung etc.) gesund und sinnvoll.

Was ist gesundheitsorientiertes Krafttraining?

Weder eine krankhafte Hypertrophisierung bereits gut entwickelter Muskulatur noch eine Leistungssteigerung zur Verfolgung sportlicher Ziele wird beabsichtigt. Das Training findet an speziell entwickelten Krafttrainingsgeräten statt, die eine genaue Abstimmung auf jede Körpergröße und eine feine Dosierbarkeit des Widerstandes zulassen. Letzterer muss variabel sein und sich dabei an der speziellen Muskelfunktionskurve der jeweilig geübten Muskulatur orientieren, um eine optimale Ausbelastung der Muskulatur über ihren gesamten Funktionsbereich zu ermöglichen. Um Überlastungen zu vermeiden und optimale Kraftgewinne zu realisieren, muss eine bestmögliche Isolation der zu trainierenden Muskelgruppe gewährleistet sein.

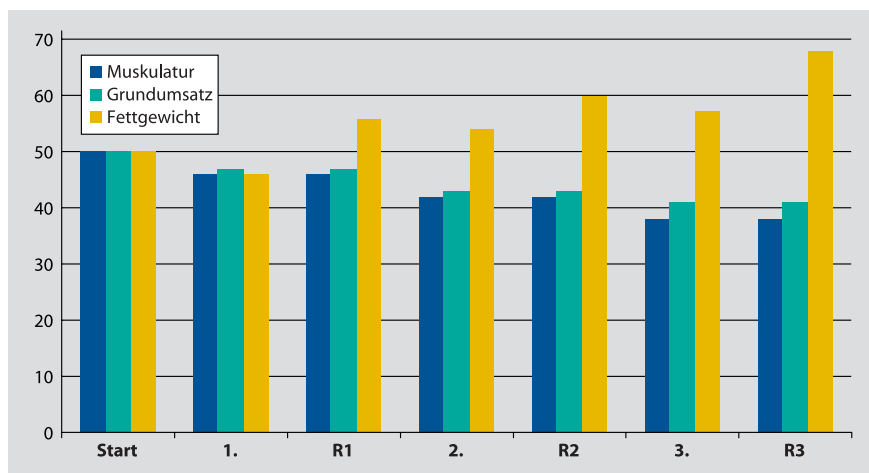


Abb. 3: Kalorienreduktion ohne Krafttraining. Veränderung mit der Zeit (1 – 3); R1, R2, R3: Reaktionen des Organismus (Zunahme Fett, bleibender Muskulaturverlust)

Tab. 2 KONTRAINDIKATIONEN FÜR KRAFTTRAINING

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Kardiovaskuläre leistungslimitierende Erkrankungen: <ul style="list-style-type: none"> – (RR > 160/100 mmHg) – unbehandelte KHK – instabile Angina pectoris – unkontrollierte Herzrhythmusstörungen – kongestive Herzerkrankung, EF < 45 % – AV-Block III° ■ chronische und akute Infektionskrankheiten ■ „konsumierende“ Krankheiten wie Malignome | <ul style="list-style-type: none"> ■ Blutglukose < 100 mg/dl oder > 250 mg/dl ■ Z.n. frischer abdomineller OP ■ instabile Bauchdeckenhernien ■ Aortenaneurysma ■ Thrombophlebitiden ■ schwere proliferative Retinopathie ■ frische Frakturen, schwere Gelenk- oder WS-Instabilitäten ■ schwere neurologische symptomatische Erkrankungen ■ schwere psychiatrische Krankheitsbilder |
|--|---|

Das Training findet **konsequent im anaeroben Bereich** statt, d.h. pro Trainingsgerät werden 9 bis 12 Wiederholungen in einem Zeitraum von 90 bis 120 Sekunden so durchgeführt, dass die beübte Muskulatur anschließend vollständig erschöpft ist und keine weitere Wiederholung mehr gelingt. Insgesamt kommen 10 bis 14 unterschiedliche Geräte so zur Anwendung, dass eine Kräftigung aller Bauch- und Rückenmuskeln sowie ein Training der Schulter- und Beckengürtelmuskulatur zur Stabilisation der Wirbelsäule und der großen Körpergelenke realisiert wird. Bei richtiger Durchführung benötigt man nur einen Satz, d.h. eine Wiederholung von bereits durchgeführten Übungen entfällt. Alle Übungen werden langsam und gleichmäßig durchgeführt. Eine ständige, speziell geschulte und jederzeit aufmerksame **Trainingsbetreuung** ist notwendig. Eine ärztliche Begleitung des Trainings-Centers – im Idealfall eine ärztliche Anwesenheit mit Therapieleitung, wie sie in der medizinischen Kräftigungstherapie bei chronischem Rückenschmerz realisiert ist – bedeutet einen enormen Vorteil für die Akzeptanz der Methode. Gerade die Patienten, für die das Training unverzichtbar wichtig ist, benötigen diese Rahmenbedingungen, um die Hemmschwelle für den Besuch eines geeigneten Krafttrainingsbetriebes zu überwinden. Der im Trainings-Center

selbst trainierende Arzt schafft die beste Compliance.

Geringes Risiko

Krafttraining besitzt im Gegensatz zu verbreiteten Vorurteilen ein bemerkenswert hohes Sicherheitsprofil. Die langsamen Bewegungen lassen kaum Verletzungen zu. Dies gilt ebenso für das Auftreten kardiovaskulärer Komplikationen. Forscher der Cooper-Klinik (University of Florida) haben über 26 000 Trainingseinheiten mit Maximalkrafttraining begleitet, ohne eine einzige kardiovaskuläre Komplikation zu registrieren. Verschiedene Symposien im Rahmen des Kongresses der American Heart Association (AHA) Ende 2002 in Chicago beschäftigten sich mit dem Thema Krafttraining. Hier wurde übereinstimmend vorgetragen, dass dieses bei vorsichtiger Dosierung und qualifizierter Überwachung **auch Herzpatienten** ohne größere Gefährdung durchführen können. Eine ausführliche Medline-Studie zur Sicherheit von Maximalkrafttraining (Mc Cartney in [1]) erbrachte keine Mitteilungen über Komplikationen. Dies ist einerseits durch die relativ kurze Belastungszeit (90 bis 120 Sek.) mit anschließender Pause bedingt, andererseits durch die Begrenzung der Übung auf jeweils nur eine, konsequent isoliert zu beübende Muskulatur bzw. Muskelgruppe. Hohe Herzfrequenzen mit Be-

einträchtigung der koronaren Durchblutung, typisch für alle Ausdauersportarten, werden vermieden. Trotzdem bestehen weiterhin Vor- und Fehlurteile über Krafttrainingsfolgen (Entwicklung von Linksherz-Hypertrophie oder Hypertonie), die trotz gegensätzlicher Studienbeweise nur mühsam auszuräumen sind, obschon diese Erkrankungen nur bei der Kombination von fehlgeleitetem Trainingsziel (Wettbewerb, Leistungsvergleich) und massivem Missbrauch von Anabolika (Bodybuilding-Szene, Leistungssport) auftreten können. Trotzdem gibt es eine Reihe von Erkrankungen (Tab. 2), bei denen Krafttraining Gefahren beinhaltet und deswegen nicht oder nur unter Einhaltung spezieller Bedingungen durchgeführt werden kann.

Literatur

1. Graves J. E., Franklin B. A.: Resistance training für health and rehabilitation, Human Kinetics Publishers, ISBN 0-7360-0178-6
2. Eriksson J.: Aerobic endurance exercise or circuit type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance. *Horm Metab Res* 30 (1998) 37–40
3. Eriksson J.: Exercise in the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Sports Med* 27 (1999) 381–391
4. Gordon N. F. et al.: Cardio-vascular safety of maximal strength testing in healthy adults. *Am J Cardiol* 76 (1995) 851–853
5. Linnenbaum F. J.: Muskulatur und Stoffwechsel – Eine umfassende Übersicht über die Auswirkungen von Krafttraining auf Stoffwechselvorgänge. *Orthopädische Praxis* 36 (2000) 534–514

→ FAZIT FÜR DIE PRAXIS

- Gesundheitsorientiertes Krafttraining baut effektiv und sicher die Muskulatur des ganzen Körpers auf.
- Muskuläre Insulinresistenz wird so physiologisch/ursächlich und damit bestmöglich beeinflusst.
- Positiver Einfluss nicht nur auf den Diabetes, sondern auch auf die anderen Teilkomponenten des Metabolischen Syndroms.
- Medizinische Kräftigungstherapie an Geräten wie MedX-LE und -CE ist als ärztliche Leistung bei der Indikation chron. Rückenschmerz abrechenbar („IGeL“; Zertifizierung erforderlich).
- Kräftigungstherapie leitet in ein selbständiges Krafttrainingsprogramm für den Patienten über.