

Grundlagen

Von der Erfahrung zur Theorie: Teil 3

Muskeln – Aspekte eines wertvollen Organs

Autor: Axel Enke
Fotos: Axel Enke
Grafiken: Fabio Parizzi, Shutterstock

Nachdem in den letzten Ausgaben die Knochen und Gelenke thematisiert wurden, folgt nun der letzte Teil des Bewegungssystems: die Muskulatur. Ihre Bedeutung für die Bewegung ist im Allgemeinen bekannt. Doch lohnt es sich bei diesem Thema etwas genauer hinzuschauen. So hat die Muskulatur nicht nur eine Bedeutung für die Bewegung, sondern sie ist auch für die eigene Gesundheit wesentlich.

STARKE FASERN. Vielleicht, liebe LeserIn, sitzen Sie mit dieser Zeitschrift gerade in einem Sessel, heben dabei eine Tasse Tee an, führen diese zum Mund und trinken. Vielleicht machen Sie es sich auch etwas gemütlich, legen die Beine auf einen Hocker und räkeln sich, bis Sie das Gefühl haben, richtig zu sitzen. All diese Aktivitäten verdanken wir unseren Muskeln. Sie bestimmen darüber, ob und mit welcher Qualität wir diese ausführen können. Sogar beim Lesen dieses Artikels sind Sie auf die Funktion Ihrer Augenmuskeln angewiesen. Diese gehören nebenbei bemerkt mit geschätzten 100'000 Kontraktionen am Tag zu den aktivsten Muskeln im menschlichen Körper (Froböse 2023, S. 17).

MUSKELFUNKTIONEN. Es ist nicht nur so, dass die Muskeln für die Durchführung all unserer alltäglichen, willkürlichen Bewegungen (= Aktivitäten) zuständig sind. Sie besitzen darüber hinaus auch für den Gesamtorganismus eine enorme Bedeutung. Eine geniale evolutionäre Entwicklung zum Beispiel ist, dass viele Teile des Bewegungssystems nebst der primären Bewegungsfunktion wichtige Aufgaben für den Gesamtorganismus erfüllen. Das waren bei den Knochen beispielsweise die Blutbildung und die Beteiligung der Aufrechterhaltung des Kalziumhaushalts (vgl. Enke 2023a, S. 50).

Die grundsätzliche mechanische Funktion lässt sich wie folgt beschreiben: «[...] Bewegung basiert auf der Kontraktion von Muskeln, die gegen ein Skelett arbeiten. Muskeln können sich nur kontrahieren – eine Dehnung der Muskeln erfolgt rein passiv. Um die einzelnen Körperteile hin- und herbewegen zu können, müssen die Muskeln in antagonistisch wirkenden Paaren am Skelett ansetzen; dadurch kann ein Muskel gegen die Kontraktion des anderen arbeiten. Wenn wir zum Beispiel unseren Arm beugen, kontrahieren wir den Bizeps, wobei das Scharniergelenk des Ellenbogens die Drehachse des Hebels bildet. Um den Arm zu strecken, wird der Bizeps entspannt und der auf der gegenüberliegenden Seite ansetzende Trizeps wird kontrahiert» (Campbell 1997, S. 1139).

EINE ÜBERSICHT. Solcherlei Bewegungen werden in unserem System von 654 Muskeln gestaltet (siehe Abb. 1). Der größte Muskel in Bezug auf die Fläche ist der große Rückenmuskel (*Musculus latissimus dorsi*); der größte Muskel in Bezug auf das Volumen ist der große Gesäßmuskel (*Musculus gluteus maximus*); der stärkste Muskel ist der Kaumuskel (*Musculus masseter*) und der kleinste ist der Steigbügelmuskel (*Musculus stapedius*) im Mittelohr. Und wussten Sie, was *Musculus* heißt? Es bedeutet auf Deutsch «Mäuschen». Die Muskeln bekamen diesen Namen, da ein angespannter Muskel die Form einer Maus hat.

Das Gewicht der Muskeln hängt indes vom Trainingszustand ab. Bei gesunden aktiven Personen liegt der Muskelanteil am Gesamtkörpergewicht bei 40 bis 45 Prozent bei Männern und bis 25 bei 35 Prozent bei Frauen. Bei



ABB. 1: **HOMO MUSCULUS**

Schwerstarbeitern oder einigen Sportlern kann dieser Anteil bis zu 65 Prozent ansteigen (vgl. Froböse 2023, S. 17). Wir werden noch sehen, was für eine Bedeutung diese Zahlen haben.

AUFBAU UNSERER MUSKELN. Doch lassen Sie uns nun zunächst den Aufbau der Muskeln anschauen (siehe Abb. 2). Beschreibt man einen Muskel von außen nach innen, befindet sich zuerst die Muskelhülle (Sarkolemm). Dabei handelt es sich um Faszien und lockeres Bindegewebe. Unter der Hülle sitzen Muskelfaserbündel, die durch eine Faszie von anderen Bündeln getrennt sind. Diese wiederum bestehen aus vielen Muskelfasern, die aus zu mehrkernigen Muskelfasern verschmolzenen Zellen (Myozyten) aufgebaut sind. Myozyten sind nicht mehr als einzelne Zellen differenzierbar, weshalb der Begriff «Muskelzelle» unzutreffend ist (vgl. Froböse 2023, S. 51, Hollmann 2000, S. 40, und Schmidt; Thews, S. 67 f.).

Die Bau- und Funktionseinheit der Muskelfasern sind die Myofibrillen. Diese werden aus einer Aneinanderreihung von Sarkomeren gebildet. Sarkomere sind die kleinsten kontraktilen Einheiten des Muskels und bilden damit die Aktionseinheiten. Sie bestehen aus sehr kleinen Proteinfäden, den kontraktilen Fasern (Filamente) Aktin und Myosin. Sie können sich nach einem elektrischen Impuls →

Grundlagen

ineinander verschieben und bewirken so die eigentliche Kontraktion des Muskels.

Die Proteine Aktin und Myosin werden durch das dritte Protein Titin ausgerichtet. Wie bei einem Gummiband führt es nach einer Gleitbewegung die beiden Proteinfäden Aktin und Myosin – insbesondere nach einer Dehnung – wieder zurück in die Ausgangsposition. Da diese Elemente in der Skelettmuskulatur regelmäßig angeordnet sind, nennt man diese nach der durch sie entstehenden Querstreifung «quergestreifte Muskulatur». Bei der glatten Muskulatur, der nicht willkürlich steuerbaren Muskulatur der inneren Organe, fehlt diese typische Querstreifung, da die kontraktile Elemente keine besondere Anordnung aufweisen (vgl. ebd.).

Alle genannten Bestandteile sind von einem feinen myofaszialen Bindegewebe umgeben. Da sich Muskeln nur zusammenziehen können, benötigen sie wie bereits erwähnt stets einen Gegenspieler, um die Knochen bewegen zu können (vgl. ebd.).

FOKUS. Aus rein praktischen Erwägungen heraus werde ich mich in diesem Beitrag überwiegend mit der willentlich beeinflussbaren Skelettmuskulatur beschäftigen. Die willentlich nicht beeinfluss- und spürbare glatte Muskulatur, die sich zum Beispiel im Darm und in den Blutgefäßen befindet, sowie die Herzmuskelatur, die eine Mischform darstellt, sollen hier nicht thematisiert werden.

VOM MUSKEL ZUR BEWEGUNG. Die Muskelfaserbündel gehen an beiden Enden in Sehnen über, mit denen der quer gestreifte Muskel am Knochen befestigt ist. Die Sehnen erfüllen die Aufgabe, die Zugbelastung der Muskulatur auf die Knochen zu übertragen. Sehnen bestehen aus Kollagenfasern und sind ausgesprochen anpassungsfähig (vgl. Enke 2023b, S. 50). So können sie sich durch Training lebenslang strukturell anpassen. Die positive Auswirkung davon sehen wir in der hohen Beweglichkeit von Menschen, die ihre Sehnen ihr Leben lang durch Dehnen gepflegt haben. Wird eine Sehne aber ruhiggestellt oder in ihrer Funktion nicht genutzt (Bettlägerigkeit), verliert sie innerhalb von vier Wochen ihre Belastbarkeit und benötigt zwischen vier und zwölf Monaten, um ihre ursprüngliche Elastizität wieder zu erreichen.

Eindrückliche Beispiele für letzteren Fall begegnen uns leider häufig in pflegerischen Kontexten bei Menschen mit Kontrakturen (dauerhafte Bewegungs- und Funktionseinschränkung von Gelenken). Unterschiedliche, weniger auffällige Formen von Kontrakturen finden wir allerdings auch außerhalb dieses Kontexts bei Erwachsenen und sogar bei Jugendlichen. Die Einschränkungen werden dann jedoch meist nicht so benannt. So beispielsweise, wenn junge Erwachsene nicht mehr die Fersenhocke einnehmen, wenn Erwachsene mit den Händen im Stehen nicht mehr den Boden berühren können oder der Bewegungsspielraum der Schultern eingeschränkt ist. In einem

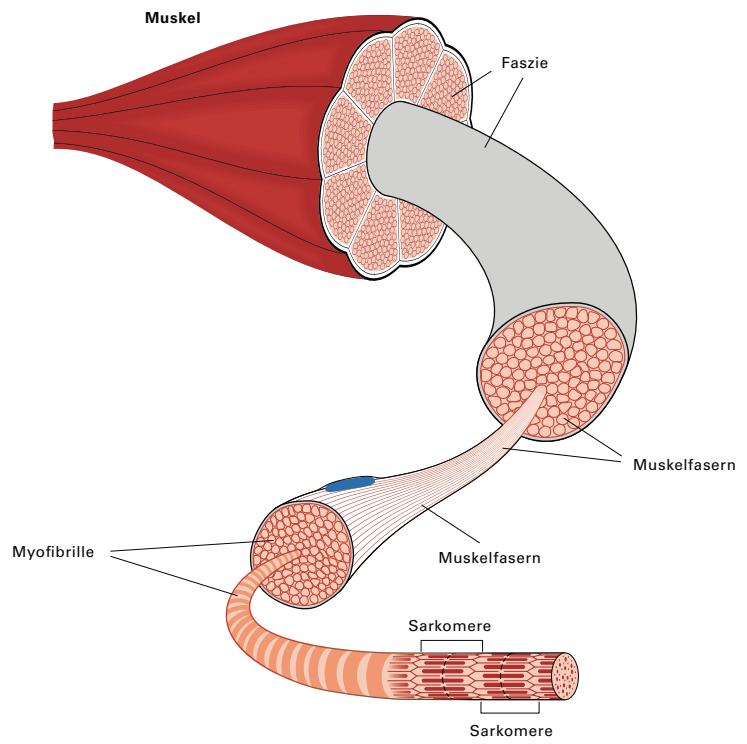


Abb. 2: **AUFBAU DER MUSKELN**

Grundkurs erlebte ich selbst einmal einen neunzehnjährigen Mann, der in Rückenlage den Kopf nicht mehr ablegen konnte, da er bereits eine Beugekontraktur in der Brustwirbelsäule hatte.

REZEPTOREN UND SIGNALÜBERMITTLUNG. Jede Muskelfaser wird an ihrer Außenseite von einer elektrisch erregbaren Membran, dem Sarkolemm, umgeben. Parallel zu den Muskelfasern verlaufen die Muskelpindeln (Dehnungsrezeptoren). Das sind zarte Muskelfasern, die von einer Kapsel umhüllt werden (siehe Abb. 3). Fasern innerhalb der Kapsel werden als intrafusale Muskelfasern und die außerhalb der Kapsel verlaufenden als extrafusale Muskelfasern bezeichnet.

Wird nun ein Muskel gedehnt (gestreckt), werden Aktionspotenziale zum zentralen Nervensystem gesendet, wobei die Frequenz dieser Signale durch das Ausmaß der Dehnung bestimmt wird. Verkürzt sich der Muskel wieder, geht der Reiz zurück.

Der Muskel hat zudem eine eigene Schutzkompetenz. Kommt er an seine Dehnungsgrenze, veranlasst er reflektorisch die Kontraktion der extrafusalen Zellen, um ein Reißen der Strukturen zu vermeiden. Das ist der Wider-

stand, den sensible Pflegende merken, wenn sie beispielsweise versuchen, einen kontrakteten Arm zu strecken. Zusätzlich senden diese Zellen Informationen zum zentralen Nervensystem (ZNS), um sowohl Haltungs- und andere Bewegungen als auch Entspannung zu vermitteln. Weitere Rezeptoren in den Sehnen (Golgi-Sehnenorgane) vermitteln ebenfalls Dehnungsinformationen.

Die genannten Nervenzellen erlauben es, die Muskeln auch als ein Wahrnehmungsorgan zu bezeichnen. Die Informationen (Aufforderungen) vom ZNS hingegen werden dem Muskel nicht über diese Nervenzellen, sondern über die motorische Endplatte (siehe Abb. 4) vermittelt (vgl. Froböse 2023, S. 53, und Toigo 2019, S. 45 – 56).

VARIANTEN VON SKELETTMUSKELN. Zurück zur quergestreiften Muskulatur. Sie wird nach histologischem Aufbau und Funktion vereinfacht in zwei Typen unterschieden:

- **Typ-I-Fasern (Slow-Twitch-Fasern, ST-Fasern):** Diese sind unsere langsameren Ausdauerfasern. Da sie freie Fettsäuren verbrennen können, sind sie für die Ausdauer verantwortlich. Diese Muskelfasern werden beispielsweise beim Langlauf trainiert, damit der Körper, nachdem die Glykogenspeicher geleert sind, aus Fett weiter Energie produzieren kann. Sie sind weniger stark, ermüden aber später. Der Grund für ihre spätere Ermüdung liegt an ihrem großen Reichtum an Mitochondrien. Diese sind, vereinfacht ausgedrückt, die energieerzeugenden Kraftwerke unserer Zellen. Sie erfüllen noch weitaus mehr Funktionen, die ich hier aber nicht thematisiere (Froböse 2023, S. 41).
- **Typ-II-Fasern (Fast-Twitch-Fasern, FT-Fasern):** Diese Fasern können schnell Glykogen verbrennen (glykolytische Fasern) und erzeugen viel Kraft, ermüden aber dafür schnell. Sie besitzen im Vergleich zu den Typ-I-Fasern deutlich weniger Mitochondrien. Sie sind für unsere schnellen Bewegungen zuständig (vgl. ebd.).

Dass uns die Natur mit zwei Arten von Muskelfasern ausgestattet hat, ist in hohem Maße zweckmäßig. Die Typ-I-Fasern benötigen wir bei länger andauernden Tätigkeiten, klassisch beim Ausdauersport oder überall dort, wo wir etwas über einen längeren Zeitraum machen (Gehen, Wandern, Sitzen). Sie lassen sich gut trainieren, was bei jedem Ausdauertraining beobachtet werden kann. Die Typ-II-Fasern hingegen sind für die schnellen Bewegungen wie Temposteigerungen oder schnelle Ausgleichsbewegungen zuständig. Für alle schnellen Bewegungen im Alltag oder beim Sport (zum Beispiel Sprints, Tempoläufe, Badminton, Tischtennis, Balancieren) sind diese Fasern von hoher Bedeutung (vgl. Froböse 2023, S. 41, und Toigo 2019, S. 122 – 146).

VERTEILUNG DER VARIANTEN. Jeder Muskel enthält beide Arten von Muskelfasern, jedoch in unterschiedlicher Menge. So verfügen die Haltemuskeln (zum Beispiel die Rumpfmuskulatur) über deutlich weniger schnelle Muskelfasern als die Muskulatur der Extremitäten. Diese weisen deutlich mehr schnelle Muskelfasern auf, sind sie doch auch für die Bewegungen zuständig, bei denen Geschwindigkeit gefragt ist. Die schnellen Muskelfasern degenerieren auch schneller und brauchen deutlich länger als die langsamsten Fasern, um sich wieder neu aufzubauen. Das erklärt beispielsweise, warum alte sowie bettlägerige Menschen in ihren Extremitäten häufig über weniger Kontrolle und Kraft verfügen als am Rumpf. Diese können dann beispielsweise irgendwie stehen, aber nicht gut schnell gehen oder sich nicht gut im Bett drehen, da man hierzu meist auch die Beinmuskulatur benötigt (siehe Kasten zur Selbsterfahrung «sich drehen»). Ich werde später noch einmal darauf zurückkommen.

Einen anderen praxisnahen Bezug möchte ich aber bereits hier anführen: Die Sturzproblematik bei älter werdenen Personen hat viel mit diesem Faktum der degenerierten Typ-II-Fasern zu tun. In den meisten Fällen stürzen die Personen nach dem Stolpern. Ich möchte Sie hier zu einer Selbsterfahrung einladen: Stolpern Sie einmal absichtlich und beobachten Sie, wie Sie das Stürzen erfolgreich verhindern. Sie werden feststellen, dass wir beim Stolpern sehr schnelle Bein- und Armbewegungen machen und damit den Sturz meist verhindern können. Genau das können aber sehr viele ältere Menschen nicht mehr. Der Umstand, dass sich dem viele bewusst sind, erklärt zudem die im Alter verbreitete Angst vor dem Stürzen.

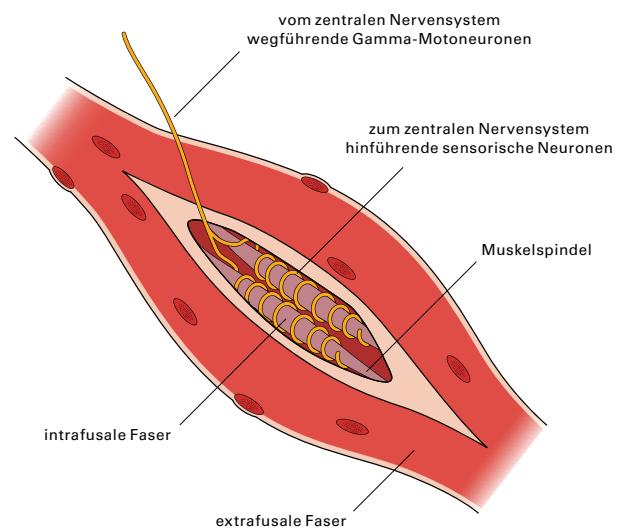


Abb. 3: **MUSKELSPINDEL MIT IHRER SENSORISCHEN UND MOTORISCHEN INNERVIERUNG**

Grundlagen

GESCHWINDIGKEIT, MASSE, KRAFT. Nun noch etwas Theorie zur Kraftentwicklung. Welche Muskeln genau mit wie viel Kraft arbeiten, hat unterschiedliche Gründe:

- Nicht alle Muskeln weisen die gleiche Kontraktionsgeschwindigkeit auf. Das hängt mit der spezifischen Zusammensetzung aus langsamem und schnellen Muskelfasern zusammen.
- Die Erregungsfrequenz der einzelnen motorischen Einheiten kann vom Körper variiert werden.
- Die unterschiedliche Aktivierung der Muskelzellen wird als Rekrutierung bezeichnet. In Abhängigkeit der Reizstärke werden unterschiedlich viele Muskelfasern beteiligt, also rekrutiert. So werden bei geringer Belastung fast ausschließlich Typ-I-Fasern rekrutiert. Erst ab einer stärkeren Belastung werden auch Typ-II-Fasern rekrutiert. Vereinfacht kann man daher Folgendes sagen: Wer sich nicht anstrengt, fördert die Degeneration der schnellen Muskelfasern. Und gegenteilig: Wer sich anstrengt, unterstützt den Erhalt und Aufbau der schnellen Muskelfasern.
- Im Alter kommt es zu einer Degeneration der motorischen Endplatten. Dadurch wird die Reizeleitung langsamer, was ebenfalls zu einer langsameren Bewegung führt.
- Circa ab dem dreißigsten Lebensjahr baut sich unsere Muskelmasse jährlich zwischen 0,3 bis 1,3 Prozent ab und wird in Fettgewebe umgewandelt. Das bedeutet, dass die Muskelkraft alle zehn Jahre um zehn bis fünfzehn Prozent abnimmt. Zwischen dem siebzigsten und achtzigsten Lebensjahr gehen sogar um die fünfundzwanzig Prozent der Muskelkraft (Sarkopenie) verloren (vgl. Siparsky u. a. 2014).

SARKOPENIE – STETER ABBAU DER MUSKELMASSE. Die Studienlage zu diesem Phänomen ist erdrückend eindeutig. Da der Prozess langsam und daher kaum merklich abläuft, tun die meisten Menschen nichts dagegen. Dabei kann man durch regelmäßiges Training als Sechzigjähriger mehr Kraft haben als ein untrainierter Dreißigjähriger (vgl. Toigo 2019, S. 299). Der zunehmende Kraftverlust führt auch oft zu einem Punkt, an dem körperliche Aktivitäten immer schwerer werden und somit weniger Freude machen. Dies ist eine Ergänzung, die ich dem lesenswerten Beitrag von Richard Hennessey (Hennessey 2023, S. 6f.) zur Selbstwirksamkeit hinzufügen möchte und der interessanterweise in vielen Beiträgen zur Selbstwirksamkeit fehlt (siehe Grafik auf der folgenden Seite). Eine wichtige Voraussetzung für die Selbstwirksamkeiterfahrung ist muskuläre Kraft. Ich habe das oft im Verwandten- und Bekanntenkreis als auch sehr häufig bei AltenheimbewohnerInnen oder im Umgang mit Menschen mit Handicaps erlebt. Die Mühe, sich anzustrengen, macht die Alltagsaktivitäten sehr beschwerlich und verleidet den Menschen die Lust an der Bewegung.

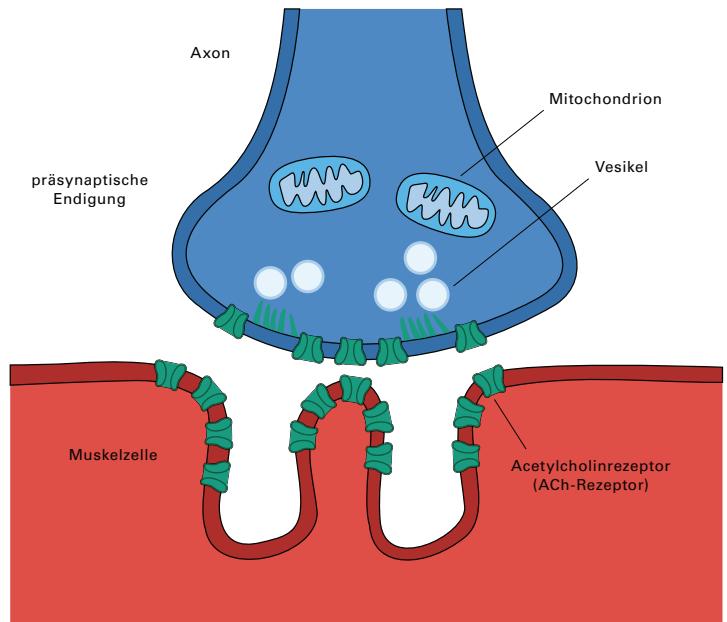


Abb. 4: MOTORISCHE ENDPLATTE

SELBSTBEOBACHTUNG. Ich merke das selbst auch deutlich bei Tempoläufen oder 100-Meter-Sprints. Da nehmen mir die Jungen heute auf hundert Meter zwanzig bis dreißig Meter ab. Dank meines Trainings bin ich aber immer noch schneller als viele untrainierte Jüngere. Muskelkater wird übrigens nicht, wie man lange glaubte, durch Magnesiummangel hervorgerufen, sondern durch kleine Mikroverletzungen im Muskel, die lokale Reparaturprozesse in Gang setzen, aus denen der Muskel gewöhnlich gestärkt hervorgeht. Insofern ist Muskelkater etwas Gutes.

TÜCKEN DER TECHNOLOGISCHEN ENTWICKLUNG. Muskeln sind dafür da, benutzt zu werden! Diese erstmal banal anmutende und eigentlich einfach zu verstehende Aussage wird in unserer hochtechnisierten Kultur zunehmend zu einer Herausforderung. Nicht benutzte Muskulatur wird bei gleichbleibender Kalorienzufuhr mit dem Älterwerden zunehmend in Fett umgebaut. Das ist der Grund, warum sich bei vielen Menschen ab dreißig das Gewicht zunächst kaum ändert, sie aber immer schwächer werden. Da dies ein sehr langsamer, schleichernder Prozess ist, fällt es den Betroffenen im Alltag nicht so auf.

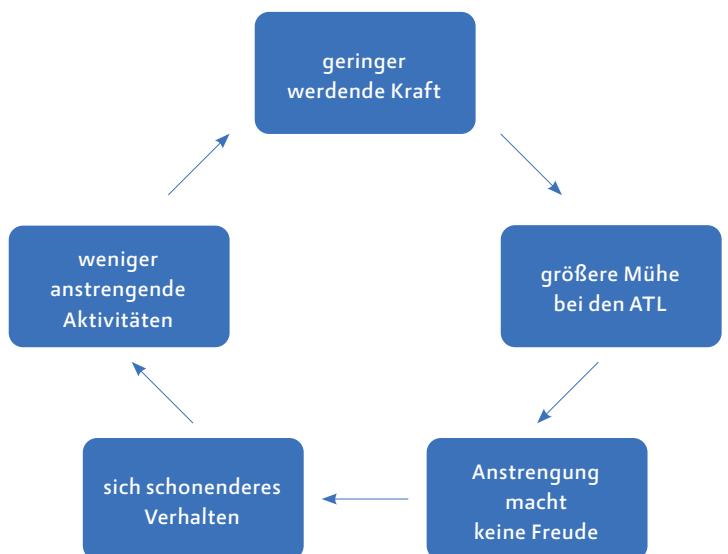
Dieser Prozess wird in unserer Kultur strukturell stark gefördert. Hierzu ein paar Beispiele: Viele Menschen fahren heute auch kurze Strecken mit dem Auto oder neuerdings mit dem E-Roller; statt auch mal schwer in die Pedale zu treten, sieht man inzwischen fast nur noch E-Bikes. Erlauben Sie mir am Rande eine kleine Bemerkung: Wussten Sie, dass die E-Bikes ursprünglich für Menschen mit einer

Herzmuskelschwäche (Herzinsuffizienz) entwickelt wurden? Früher musste man wenigstens aufstehen, um das Fernsehprogramm zu wechseln, schon seit geraumer Zeit geht das dank der Fernbedienung aus dem Sitzen heraus; viele Küchenmaschinen nehmen uns körperliche Arbeit ab; Lifte ersetzen das Treppensteigen. Es scheint fast das erstrebenswerteste Ziel zu sein, uns jede körperliche Aktivität abnehmen zu wollen. Ist Bequemlichkeit denn ein erreichbares Ziel?

Die Auswirkungen jedenfalls sind erheblich. Der Bewegungsmangel ist laut WHO in unserer Kultur zu einer der größten gesundheitlichen Herausforderungen geworden. Bewegungsmangel kann «bei einer gesunden Person von durchschnittlicher Leistungsfähigkeit [definiert werden als] die chronische Unterlassung einer Beanspruchung von mehr als etwa 30 % der maximalen statischen Kraft bzw. etwa 50 % der maximalen Kreislaufleistungsfähigkeit» (Hollmann; Hettinger 2000, S. 402).

Warum diese Grenzwerte? Nun, die sich mit diesen einstellenden Gefahren für die Gesundheitsentwicklung einer Bevölkerung sind dramatisch: Übergewicht, eine deutliche Zunahme an Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlaganfällen und Krebserkrankungen. «Es gibt starke Evidenz dafür, dass physische Inaktivität das Risiko vieler Erkrankungen erhöht, einschließlich der häufigsten nicht übertragbaren Krankheiten wie Herzkrankheiten, Typ-2-Diabetes sowie Brust- und Darmkrebs. Bewegungsmangel verkürzt die Lebenserwartung eines Großteils der Weltbevölkerung. Bereits 2008 waren 5,3 Mio. Todesfälle in der Hauptursache auf den Mangel an physischer Aktivität zurückzuführen. Noch vor den Covid-19-Lockdowns starb einer von vier Erwachsenen an Bewegungsmangel, und 80 Prozent der Jugendlichen litten darunter» (vgl. Pawlik 2021, S. 8).

BETTLÄGERIGKEIT UND STOFFWECHSEL. Inaktivität wie Bettlägerigkeit ist besonders dramatisch in ihren Auswirkungen: Verschiedene Untersuchungen belegen sogar bei gesunden ProbandInnen nach wenigen Tagen beeindruckend negative Ergebnisse (vgl. Hollmann, Hettinger 2000, S. 402). So sinkt die maximale Sauerstoffaufnahme, der Lactatspiegel steigt, Puls- und Atemfrequenz steigen an, die Blutbildung verringert sich und der Körper scheidet mehr Kalzium aus. Interessanterweise zeigte sich, dass mehrstündiges Sitzen keinen Einfluss auf die Kalziumausscheidung hatte, deren Erhöhung zu Osteoporose führen kann. Demgegenüber hatte dreistündiges Stehen eine reduzierte Kalziumausscheidung zur Folge. Ebenso wird bei Bettlägerigkeit die Darmperistaltik langsamer, was zu Verdauungsstörungen führt, die kognitive Leistung nimmt messbar ab und die Muskulatur wird sehr schnell ab- und in Fettgewebe umgebaut. Bereits nach einer Woche Bettruhe reduziert sich die Muskelmasse um 25 Prozent (vgl. Wagner 2021a, S. F30). Das liegt daran, dass unsere Muskeln innerhalb von drei Tagen einen Wiederholungsreiz benötigen, damit sie nicht «glauben», nicht mehr gebraucht zu



werden. Hier kann bereits festgehalten werden, dass Prävention wie so oft das beste Mittel ist, um diesem Prozess entgegenzuwirken.

DEMOGRAPHISCHER WANDEL ALS MULTIPLIKATOR. Besonders dramatisch stellt sich die Entwicklung bei der Sarkopenie dar, die immer häufiger auftritt. Dies liegt einerseits an der wachsenden Zahl der über Sechzigjährigen, die sich laut Hochrechnungen bis 2050 mit circa 2,1 Milliarden SeniorInnen weltweit gegenüber dem Jahr 2017 fast verdoppeln wird (vgl. UNO 2017), als auch am Lebensstil der Bevölkerung in den Industriestaaten. «Ähnlich wie bei der Osteoporose ist bei der Sarkopenie die Synthese der Muskelfasern verlangsamt und der Abbau beschleunigt» (Wagner 2021a, S. F30).

WUNDERWAFFE MYOKINE. Der Muskelmasseverlust hat weitere Folgen. Dies liegt daran, dass unsere Muskeln unser größtes Stoffwechselorgan sind. Im Jahr 2007 entdeckte die an der Universität Kopenhagen tätige dänische Forscherin Bente Karlund Pedersen die Myokine. Seitdem wurden circa 600 dieser hormonähnlichen Botenstoffe identifiziert, welche die Muskeln bei entsprechender Tätigkeit in den Kreislauf abgeben. Eine mindestens genauso große Anzahl – wenn nicht gar um die 3'000 – wartet vermutlich noch auf ihre Entdeckung. Die Myokine sind für die positiven Effekte sportlicher Betätigung verantwortlich. Horn schreibt dazu: «Es ist seit langem bekannt, dass körperliche Inaktivität mit den wichtigsten sogenannten Volkskrankheiten assoziiert ist. Ob Erkrankungen des kardiovaskulären Systems, Typ-2-Diabetes, Tumorerkrankungen oder Erkrankungen wie Demenz und Depression: Bewegung scheint einen positiven Effekt zu haben, die Entwicklung solcher Krankheiten hinauszuzögern oder



Folgen der Sarkopenie

- Verminderung der Lebensqualität
- eingeschränkte Geh- und Treppensteigfunktion
- schlechteres Aufstehen und Hinsetzen
- erhöhtes Sturz- und Frakturrisiko, da es zu einer Abnahme der schnell kontrahierenden weißen Muskelfasern (Typ-II-Fasern) kommt, die bei plötzlich drohendem Gleichgewichtsverlust rasch reagieren können.
- erschwerte Mobilität und dadurch auch Abnahme der sozialen Kontakte
- im Extremfall Einschränkung der Selbstbestimmung
- verminderte Ausschüttung des Peptidhormons Myokin, das normalerweise durch Muskelaktivität freigesetzt wird. Myokin verfügt über eine Schutzfunktion gegen chronische Erkrankungen und Adipositas, die dann wegfällt.

(vgl. Wagner 2021a, S. F32)

sogar zu verhindern. Die Entdeckung der Myokine eröffnete eine Perspektive für eine mögliche molekulare Grundlage dieser bisher eher evidenzbasierten Kenntnis» (Horn 2021, S. 763).

Myokine werden bei der Muskelarbeit in den Muskelzellen gebildet und ausgeschüttet. Froböse fasst die vorteilhaften Wirkungen der Myokine wie folgt zusammen (Froböse 2023, S. 184 f.):

- Sie wirken bei der Bildung neuer Abwehrzellen für das Immunsystem mit.
- Sie bekämpfen und regulieren Entzündungen.
- Sie hemmen zahlreiche Erkrankungen, chronische wie Diabetes und darunter auch neurodegenerative wie Parkinson.
- Sie bauen Muskelsubstanz auf und aktivieren darüber hinaus den Stoffwechsel.
- Sie fördern die Neubildung von Blutgefäßen und erhalten die Elastizität der Gefäßwände.
- Sie stimulieren und aktivieren den Fettstoffwechsel und erhöhen dadurch den Energieverbrauch des Körpers.
- Sie fördern die Insulinsensitivität der Körperzellen und verhindern beziehungsweise minimieren so das Risiko, an Diabetes oder Adipositas zu erkranken.
- Sie optimieren das Erinnerungsvermögen und die Lernfähigkeit.
- Sie schützen vor psychischen Verstimmungen und

sogar vor Depressionen.

- Sie stimulieren die Neubildung von Knochensubstanz und verhindern somit Osteoporose.
- Sie wirken präventiv gegen einige Krebsformen wie Brust-, Darm-, Prostata- und Leberkrebs.
- Sie reduzieren die Folgen einer Chemotherapie, beispielsweise Fatigue.

Dies ist doch eine beeindruckende Liste. Und all das bekommen wir als «Lohn» unserer muskulären Arbeit.

Die Wissenschaft forscht aus verschiedenen Gründen aktuell intensiv zu diesen Myokinen. Auch die meisten bekannten Myokine sind längst noch nicht hinreichend erforscht und es gibt viele offene Fragen. Über einige dieser wertvollen Stoffe weiß man aber bereits relativ viel. Die positive Wirkung von Myokinen auf unsere Körper möchte ich exemplarisch anhand zweier Stoffe genauer erläutern: dem Follistatin (FSTL) und dem Interleukin (IL-6).

FUNKTIONEN VON FOLLISTATIN. FSTL fördert das Muskelwachstum und ist damit der Gegenspieler zu Myostatin, das sich verstärkt in degenerierten Muskeln finden lässt. Durch körperliches Training steigt der FSTL-Plasmaspiegel relativ schnell an und hemmt das Myostatin. WissenschaftlerInnen konnten nachweisen, dass der Ursprung dieses Stoffes als Vorform in der Leber liegt – ein weiteres Beispiel für die netzwerkartige Zusammenarbeit in unserem Körper. Die Muskeln senden Botenstoffe über das Blut an die Leber, die dann mit der Produktion von FSTL beginnt. Ohne Muskelaktivität bildet die Leber jedoch deutlich weniger FSTL (vgl. Froböse, S. 206 f.).

Weiterhin ist FSTL auch am Knochenaufbau beteiligt, indem es die Einlagerung von Kalzium fördert und die osteoporotische Auswirkung des Myostatins eindämmt. In Versuchen konnte gezeigt werden, dass dies auch geschieht, wenn die Muskeln arbeiten, ohne der vollen Schwerkraft ausgesetzt zu sein, wie das beim Schwimmen der Fall ist. Wenn gemeinhin allein die Bewegung gegen die Schwerkraft für die Knochenstabilität verantwortlich gemacht wird, ist dies nur die halbe Wahrheit. Froböse formuliert das so: «Die Muskelarbeit ist also der primäre physiologische Stimulus für den Knochenstoffwechsel und speziell für den Knochenaufbau, nicht die mechanische Belastung» (Froböse 2023, S. 207).

FUNKTIONEN VON INTERLEUKIN. Das IL-6 ist ebenfalls sehr vielseitig im Körper wirksam. Spannend ist, dass es sogar gegensätzliche Wirkungen aufweist. Wird es ausgeschüttet, wenn der Körper ruht respektive man sich keiner muskulären Anstrengung aussetzt, wirkt es entzündungsfördernd, weshalb Patientinnen mit verschiedenen Krankheiten (Metabolisches Syndrom, Diabetes-Typ 2, kardiovaskuläre Krankheiten und andere) einen deutlich erhöhte Interleukin-Wert im Blut aufweisen.

Die positive Seite von IL-6 kommt zum Tragen, wenn es bei deutlicher Muskelarbeit ausgeschüttet wird. Während



einer anstrengenden Tätigkeit wirkt es nämlich entgegen gesetzt, also entzündungshemmend: «beim Ausdauertraining steigt die Konzentration von IL-6 im Blut in kürzester Zeit während der Aktivität um das Hundertfache an» (Froböse 2023, S. 191). Gleichzeitig wirkt es im Muskel selbst als eine Art Sensor und beeinflusst so die Fettsäureverbrennung und Glukoneogenese in der Leber. Die Muskulatur interagiert also mittels IL-6 mit der Leber. Ist das nicht faszinierend?

Und damit nicht genug. Gleichzeitig bewirkt IL-6 in der Bauchspeicheldrüse die Ausschüttung von Insulin. Zudem wirkt es direkt gegen einige Krebsarten. In diesem Zusammenhang arbeitet es mit Dopamin zusammen, das die Bildung von Killerzellen, die entartete Zellen zerstören sollen, beeinflusst. IL-6 zeigt diesen Killerzellen gleichsam den Weg zu den entarteten Zellen und optimiert so den Angriff gegen den Tumor. Dieser Effekt wurde bei Brust-, Darm- und Prostatakrebs nachgewiesen (vgl. Froböse 2023, S. 193 – 196). Schon lange weiß man, dass moderater Sport sowohl präventiv als auch in der Therapie gut ist, diesen Krebsarten entgegenzuwirken. Befasse ich mich mit den Interaktionen unseres Organismus genauer, komme ich stets ins Staunen.

ZURÜCK ZU MASSE, AKTIVITÄT UND GESUNDHEIT. Inzwischen ist nachgewiesen, dass viele Muskeln Myokine, die für den Organismus positive Auswirkungen haben, vermehrt oder gar ausschließlich bei Aktivität ausschütten. Die Menge der ausgeschütteten Myokine hängt dabei stets auch von der Muskelmasse ab. Mehr Muskelmasse durch spezifisches Training – und hier sind nicht die Extreme der Bodybuildingszene gemeint – führt gleichzeitig auch dazu, dass mehr positiv wirkende Myokine ausgeschüttet werden. Aus diesem Grund ist die Annahme, dass es für die dauerhafte Aufrechterhaltung unserer Gesundheit ausreicht, wenn wir uns bei den Alltagsaktivitäten sensibel bewegen, irreführend. WissenschaftlerInnen plädieren dafür, mindestens dreimal pro Woche zwanzig bis dreißig Minuten Sport (kräftige Bewegung) zu treiben. Das Kriterium dabei ist Schwitzen. Empfohlen wird eine Kombination aus Ausdauer- und Kraftsport (vgl. Froböse 2023, S. 217; Toigo 2019, S. 262).

Die Ärztin Maria Fiatarone beschäftigte sich mit den Auswirkungen von Bewegung bei hochbetagten Menschen. Sie «ließ zehn Frauen und Männer, die zwischen 87 und 96 Jahre alt waren und im Hebrew Rehabilitation Center for the Aged in Boston lebten, acht Wochen lang mit Gewichten trainieren, und zwar mit 80 Prozent der Übungs bestleistung. Und siehe da: Die Muskelmasse an den Oberschenkeln wuchs um zehn Prozent – was die Greise fast dreimal so kräftig machte» (Blech 2007, S. 73). Neben der messbaren Zunahme der Muskelmasse interessierte sie aber die praktische Bedeutung. Aus diesem Grund sollten die Testpersonen durch einen Parcours gehen. Das Ergebnis zeigte, dass sie trittsicherer und schneller gehen konn-

ten als vor dem Training. Ein 93-Jähriger, der seine Gehhilfe nach dem Trainingsprogramm nicht mehr benötigte, meinte: «Jeden Tag fühle ich mich besser, viel zuversichtlicher. Pillen werden dir das nicht bringen, was dir die Bewegung bringt» (ebd., S. 74).

MODELLPROJEKT ZUM MUSKELAUFBAU BEI HOCHALTRIGEN. Hierzu gibt es auch neuere Studien. Die Arbeitsgruppe von Professor Heinz Mechling vom Institut für Bewegungs- und Sportgerontologie der Deutschen Sporthochschule Köln hat in den letzten Jahren zeigen können, dass sich die Gesundheit von älteren Menschen durch ein spezielles Kraft- und Koordinationstraining verbessern lässt. Im Rahmen eines durch das Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter (MGEPA-NRW) geförderten Modellprojektes wurde das Trainingsprogramm «Fit für 100 – Bewegungsangebote für Hochaltrige» entwickelt und evaluiert. Es handelt sich um ein Trainingsprogramm, das die wissenschaftlich bestätigten positiven Effekte körperlicher Aktivität praktisch nutzen und umsetzen soll.

Das Training wurde in einer Gruppe von sechs bis acht Personen zweimal wöchentlich sechzig Minuten lang durchgeführt. Dabei wurde besonders auf die individuelle Förderung der einzelnen Personen Wert gelegt. Die Inhalte waren durch die folgenden Charakteristika gekennzeichnet: Das Muskelaufbautraining wurde mit individuell steigerbaren freien Gewichten bei mittlerer Belastung intensität gemäß dem subjektiven Belastungsempfinden der TeilnehmerInnen durchgeführt. Ergänzt wurde das Muskelaufbautraining durch ein Gleichgewichtstraining, das koordinative und sensomotorische Anforderungen ent-

Sich auf die Seite drehen

Ich möchte Sie zu einer kleinen Selbsterfahrung einladen. Legen Sie sich auf den Rücken, stellen Sie ein Bein auf und drehen Sie sich auf die gegenüberliegende Seite. Achten Sie dabei auf das Ausmaß der Kraft, die Sie im aufgestellten Bein benötigen.

Wiederholen Sie die Aktivität und halbieren Sie den Kraftaufwand.

Drehen Sie sich ein drittes Mal mit der Vorstellung, dass Sie nur noch über einen Viertel der Kraft im Bein verfügen. Welche Auswirkungen hatten diese Unterschiedserfahrungen auf die Qualität Ihrer Bewegung?



Sarkopenie: Eine Definition

Die Europäische Arbeitsgruppe für Sarkopenie beschreibt diese bei älteren Menschen folgendermaßen:

- Präsarkopenie: nur Kriterium 1 erfüllt (Muskelmasse erniedrigt)
- Sarkopenie: Kriterium 1 und 2 (Muskelkraft erniedrigt, zum Beispiel Handkrafttest, Gehgeschwindigkeit) oder 3 (Muskelleistung erniedrigt)

Dabei kommen zum Beispiel folgende Tests zur Anwendung: Muskelkraft:

- Greifkraft, Kniebeugung/-streckung, exspiratorischer Peak-Flow

Physikalische Leistungsfähigkeit:

1. SPPB (Short Physical Performance Battery – Leistungsreserve, um kurzfristige Leistung zu erbringen)
 - 1.1 Haltungsstabilität (Gleichgewichtstest)
 - 1.2. Muskelschwäche der unteren Extremität (Stuhl-Aufsteh-Test)
 - 1.3. Reduzierte Gehgeschwindigkeit
2. Timed-Up-and-Go-Test (zeitgesteuert aufstehen und gehen): gemessen wird die Zeit, um von einem Stuhl aufzustehen, drei Meter zu gehen, sich um 180 Grad zu drehen, wieder zum Stuhl zurückzugehen und sich wieder hinzusetzen, wobei die Person eine Gehhilfe benutzen kann. Eine Zeit von mehr als vierzehn Sekunden gilt als pathologisch.
3. Stair-Climbing-Test: Beim CST wird die Zeit gemessen, die gebraucht wird, um aus einem Stuhl fünfmal ohne Armhilfe aufzustehen und sich wieder hinzusetzen.

(vgl. Wagner 2021a, S. F33 – F34)

hielt. Soziale und emotionale Elemente waren durch spielerische, musikalische und sprachliche Kommunikationsformen ebenfalls feste Bestandteile einer Übungsstunde.

Im Modellprojekt «Fit für 100» konnte bei 51 Personen im Alter von 82 Jahren im Laufe eines Jahres die Handkraft um 53 Prozent gesteigert werden. Im Rahmen des Modellprojekts war eine Gruppe von Menschen mit Demenz integriert. Die psychisch-kognitive Leistungsfähigkeit wurde mit dem Mini-Mental-Status-Test (MMST) erfasst. Die ProbandInnen wurden nach ihrem MMST-Wert, kleiner oder größer 24, in zwei Gruppen unterteilt. Beide Gruppen zeigten im Verlauf der Testung über ein Jahr hinweg keine si-

gnifikanten Veränderungen. Auch wenn es sich bei dem MMST um ein einfaches Screening-Verfahren zur Demenzdiagnose handelt, war die Stabilität über ein Jahr hinweg in dieser Form nicht zu erwarten (vgl. Melching 2017).

EIN BLICK ZURÜCK IN DIE GESCHICHTE. Doch warum ist das alles so? Die Antwort auf diese Frage liegt wohl in unserer Vergangenheit. Wilhelm von Humboldt (1767 – 1835) soll einst Folgendes gesagt haben: «Nur wer seine Vergangenheit kennt, hat eine Zukunft.» Schauen wir uns den größten Teil unserer evolutionären Vergangenheit an – und ich spreche hier von mehreren Millionen Jahren, brachten wir diesen in einer völlig anderen Welt zu. In dieser damaligen Welt mussten wir uns deutlich mehr bewegen, um überleben zu können. Unsere Vorfahren mussten jagen, sich gegen Wildtiere kämpfend und flüchtend behaupten und Wurzeln ausgraben. So entwickelte sich über sehr lange Zeiträume hinweg ein Körper, für den die Muskulatur überlebenswichtig war, und es konnten sich all diejenigen biochemischen Stoffwechselprozesse ausbilden, ausdifferenzieren und in unserem Körper vernetzen, die für unsere Gesundheitsentwicklung bedeutsam sind.

Nimmt man diese ganze zeitliche Spanne in den Blick, ist unser heutiger Lebensstil nur ein Wimpernschlag in dieser Geschichte und unsere Körper können sich unmöglich entsprechend anpassen. Unsere Kinder wachsen in dieser neuen Kultur auf und werden ebenfalls von ihr geprägt: «Diese Ergebnisse unterstützt eine groß angelegte Studie aus Australien von der University of Tasmania unter der Leitung von Dr. Michael Schmidt. Dabei wurden 1792 Menschen in ihrer Kindheit grundlegend untersucht und über einen Zeitraum von 20 Jahren hinsichtlich ihrer Gesundheit beobachtet. Kinder, die bereits im Alter von 7 bis 15 Jahren eine schlechte Muskelfitness und gleichzeitig eine ungünstige Fettverteilung im Bauchraum aufwiesen, hatten ein 8,5-fach erhöhtes (!) Risiko, in den nächsten 20 Jahren an einer Stoffwechselstörung in Form des metabolischen Syndroms [...] zu erkranken» (Froböse 2023, S.132).

PERSÖNLICHER GEWINN. Liebe LeserIn, wollen Sie wissen, wo Sie im Hinblick auf Ihre Muskelfitness stehen? Eine Möglichkeit hierfür bietet sich in der Teilnahme an der Veranstaltung des Deutschen Sportbundes, wo Sie das Deutsche Sportabzeichen (Bronze, Silber, Gold) erlangen können. Es handelt sich dabei nicht um einen Wettkampf, sondern um eine Absolvierung unterschiedlicher Disziplinen, in denen Ausdauer, Kraft und Koordination getestet werden. Sie tun das gemeinsam mit anderen SportlerInnen unterschiedlicher Altersklassen, von Kindern bis zu alten Menschen. Wenn Sie das Bronzeabzeichen schaffen, wissen Sie, dass Ihr Bewegungs- und Kreislaufsystem ganz gut gerüstet ist für Ihre persönliche Zukunft. Zudem macht es Freude, sich mit vielen anderen gemeinsam an der frischen Luft zu bewegen. Beginnen Sie bald und verschieben Sie es nicht in eine ferne Zukunft.





Blech, Jörg (2007): Bewegung. Die Kraft, die Krankheiten besiegt und das Leben verlängert. Berlin: S. Fischer Verlag. ISBN 978-3-10-004414-3.

Campbell, Neil A. (1997): Biologie. Herausgegeben von Jürgen Markl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 3-8274-0032-5.

Enke, Axel (2023a): Knochen. Von der Erfahrung zur Theorie, Teil 1. In: LQ. kinaesthetics – zirkuläres denken – lebensqualität. Heft 1. S. 48 – 54.

Enke, Axel (2023b): Gelenke – das Verbindende. Von der Erfahrung zur Theorie, Teil 2. In: LQ. kinaesthetics – zirkuläres denken – lebensqualität. Heft 2. S. 50 – 55.

Faulkner, John A. u. a. (2007): Age-related Changes in the Structure and Function of Skeletal Muscles. In: Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. 34. Band, Heft 11. S. 1091 – 1096.

Froböse, Ingo (2023): Muskeln – die Gesundmacher. So bleiben wir fit, schlank und mental in Balance. 2. Auflage. Berlin: Ullstein Buchverlage. ISBN 978-3-86493-220-5.

Hennessey, Richard (2023): Yes we can! In: LQ. kinaesthetics – zirkuläres denken – lebensqualität. Heft 2. S. 6 – 11.

Hollmann, Wildor; Hettinger, Theodor (2000): Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. 4. Auflage. Stuttgart: Schattauer Verlag. ISBN 3-7945-1672-9.

Horn, Florian (2021): Biochemie des Menschen. Das Lehrbuch für das Medizinstudium. 8. Auflage. Stuttgart: Thieme Verlag. ISBN 978-3-13-243342-7.

Melching, Heinz (2017): Sport für alle – «Fit für 100». Eine Herausforderung in unserer Zeit. In: Jütting, Dieter H.; Krüger, Michael (Hg.): Sport für alle. Idee und Wirklichkeit (Edition Global-lokale Sportkultur Band 31). Münster/New York: Waxmann. ISBN 978-3-8309-3586-5. S. 331 – 362. www.researchgate.net/publication/348685909_Sport_für_alle_-_fit_für_100_-_Eine_Herausforderung_in_unserer_Zeit (Zugriff: 13.10.2023).

Pawlak, Lucas (2021): Todesursache: Bewegungsmangel. Die ignorierte Pandemie des digitalen Lebens, der Arbeit und der Bildung. In: Pädiatrie und Pädologie. Heft 56. S. 8 – 14. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7813970 (Zugriff: 27.9.2023).

Schmidt, Robert F.; Thews, Gerhard (1996): Physiologie des Menschen. 26. Auflage. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 3-540-58034-4.

Siparsky, Patrick N.; Kirkendall, Donald; Garrett, William E. (2014): Muscle Changes in Aging. Understanding Sarcopenia. In: Sports Health. A Multidisciplinary Approach (SPH). Band 6. Heft 1. S. 36 – 40. https://doi.org/10.1177/1941738113502296 (Zugriff: 26.9.2023).

Toiogo, Marco (2019): MuskelRevolution. Konzepte und Rezepte zum Muskel- und Kraftaufbau. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag. ISBN 978-3-662-54764-9.

UNO, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017): World Population Prospects: The 2017 Revision. Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248. New York: United Nations. https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf (Zugriff: 26.09.2023).

Wagner, Nessy (2021a): Anti-Aging. Muskelschwund (Sarkopenie) ab 35 – ein unabdingbares Schicksal? Teil 1. In: OM & Ernährung. Nr. 177, S. F30 – F41.

Wagner, Nessy (2021b): Anti-Aging. Muskelschwund (Sarkopenie) ab 35 – ein unabdingbares Schicksal? Teil 2. In: OM & Ernährung. Nr. 178, S. F64 – F80.

Was man für seine Muskulatur tun kann

In der neueren Forschung hat plyometrisches Training an Bedeutung gewonnen. Es kann

- die neuromuskuläre Intaktheit und die Explosivität beziehungsweise die Kontraktionsfähigkeit der Muskulatur erhalten,
- die Zusammensetzung der Muskulatur verbessern,
- eine mitochondriale Aktivitätssteigerung erreichen, wodurch die Muskulatur besser versorgt wird und mehr Energie enthält und
- der Transport von Glucose innerhalb der Zelle verbessern, was wiederum die Insulinempfindlichkeit verringert.

Beispielübungen sind der «Hampelmann» («Jumping Jacks»), von links nach rechts zurückspringen; von links nach rechts mit Drehung springen; nach oben springen, weich landen und etwas in die Knie gehen, Trampolin springen, Seilspringen, Bockspringen.

(vgl. Wagner 2021b, S. F65 – F66)

Wir sind nun am Ende unserer kleinen dreiteiligen Serie über das Bewegungssystem angekommen. Wir haben uns von den stabilen knöchernen Wunderwerken hin zu den faszinierenden Gelenken bewegt, um schließlich beim evolutionären Wunder der Muskeln anzukommen. Sie alle sind Teil unseres Leibes, der ein sehr komplexes System bildet. Wer glaubt, man müsse dieses System nicht pflegen, irrt. In diesem Sinne: Bleiben Sie gesund! ●



AXEL ENKE

ist Kinaesthetics-Trainer und Ausbilder für die European Kinaesthetics Association (EKA), Gesundheitsplaner (Universität Bielefeld), Mikronährstoff-Coach, Epigenetik-Coach (i.A.).