

valltraining) die Gefäßinfrastruktur und die ATP-Resynthesekapazität liefert, aber der Verlust an Muskelmasse und -leistung durch Krafttraining verhindert werden muss (Klitgaard et al. 1990).

! Die Sarkopenie und somit die defizitäre Muskelmasse spielen nicht nur im Alterungsprozess eine wesentliche Rolle, sondern sind in jeder Altersstufe ein ursächlicher Risikofaktor für metabolische und kardiovaskuläre Erkrankungen (Kim und Kim 2020).

Myokine – Promotoren des Gesundheitszustandes

Das Myokin IL-15 vertritt im Muskel anabole Prozesse und kann tierexperimentell im Knochen die Osteoklastenaktivität zur Protektion der Trabekel mindern (Djaafar et al. 2010). Die aktive oder inaktive und alternde Muskulatur prägt die immunologische Funktion (Erkennen karzinogener und infizierter Zellen) des Organismus, denn über die wesentlich durch die Muskulatur vertretene IL-15-Produktion besteht ein Link zum Immunsystem. Dieses Myokin mindert die Fetteinlagerung, wirkt anabol und ist endokrin an der Entwicklung und dem Bestand der natürlichen lymphozytären Killerzellen beteiligt. Weniger IL-15 und vermehrt Adipokine sind wahrscheinlich ein Teil des Mechanismus der Immunseneszenz wie auch der Sarkopenie und Adipositas (Lutz und Quinn 2012).

Die Myokine sind der Hauptpromotor des Gesundheitszustandes, denn sie sorgen als Gegenspieler der Adipokine, dem TNF- α , in allen Körpergeweben für eine anti-entzündliche Bilanz in allen Lebensabschnitten. Wird diese über die gesamte Lebensspanne dauerhaft aufrechterhalten, richtet sie sich gegen eine phänotypisch sehr different zusammengesetzte Gruppe chronisch degenerativer Erkrankungen, die **Diseasome of physical inactivity** (Pedersen 2009). Noch ohne die Beschreibung der pathophysiologischen Grundlage wurde früher die physische Inaktivität als Ursache des **Disuse syndrome** (Bortz 1984) bzw. später des **Sedentary death syndrome** (Lees und Booth 2004) charakterisiert. Heute sind auch die Begriffe **Handy syndrome** oder **Office syndrome** zutreffend.

Die gemeinsame pathophysiologische Grundlage ist die systemische, chronisch-persistierende, sehr gering intensive und nicht schmerzhaft Entzündung

in allen Geweben. Nachteilige gesundheitliche Folgen eines dekonditionierten Muskelsystems, gleichbedeutend mit einer defizitären Myokinproduktion und dem generalisierten Entzündungszustand, können schon bei 12- bis 18-Jährigen nachgewiesen werden (Agostinis-Sobrinho et al. 2017, 2018). Die klinisch noch nicht relevante, da latent vorliegende aseptische Entzündung kann alle Altersklassen betreffen. Sie ist unabhängig vom BMI und einer Adipositas (Petersen und Pedersen 2005; Fischer et al. 2007; Pedersen 2007). Eine solche Entzündung verursacht eine katabole Stoffwechsellage und verantwortet die Sarkopenie und die gewebespezifischen pathogenetischen Abläufe. Erweitert auf das Stütz- und Bewegungssystem ist sie die Ursache einer Verlaufsform der Arteriosklerose, die die sogenannten primären Arthrosen entstehen lässt (Frank 2003).

Da die chronisch-degenerativen Erkrankungen einen sehr langen Entwicklungsweg mit sehr langen latenten und nachfolgend unspezifischen intermittierenden Beschwerden haben, setzen die pathophysiologischen Prozesse wahrscheinlich bereits im Jugendalter ein (Syrenicz et al. 2006a/b; Crump et al. 2016, 2017). In der Konsequenz sind ihre Ursachen bevorzugt nicht in den mittleren und älteren Lebensabschnitten zu suchen. Obwohl heute immer zeitiger in der Lebensspanne, werden sie dennoch erst relativ spät klinisch relevant, können aber nicht als „Alterskrankheiten“ eingestuft werden. Für die primären Osteoarthrosen konnte gezeigt werden, dass ihr Startmechanismus mit der ungenügenden Entwicklung der Knorpelstrukturen infolge unzureichender mechanischer Belastungen im Jugendalter in Verbindung steht (Antony et al. 2016).

! Körperlich inaktive Kinder haben in der späteren Lebensspanne häufiger eine Arthrose. Regelmäßige intensive Aktivitäten des sensomotorischen Systems im Kindes- und Jugendalter sind für die Ausreifung der Gewebe mit einer hohen Belastbarkeit in den späteren Lebensabschnitten erforderlich.

Die physische Inaktivität in allen Altersgruppen führt zu einer hohen Prävalenz des Übergewichts mit einem gesteigerten Fettanteil intramuskulär und viszeral. Der viszerale Fettanteil ist die Quelle proinflammatorischer Zytokine, die auch schon im Kindes- und Jugend- sowie jungen Erwachsenen-

alter wirksam sind (Schmeer und Yoon 2016; Bangdiwala et al. 2019). Sie sind das eindeutigste Merkmal der Inaktivität (Handschin und Spiegelman 2008) und bewirken auch unabhängig vom BMI bzw. der Adipositas (Fischer et al. 2007) eine persistent, Low grade, systemic inflammation. Bei 2- bis 18-Jährigen steigt der CRP-Wert mit jedem Punkt des BMI z-Scores um 63 % an, und die soziale Situation (Bildung, Einkommen), die nach Adjustierung ein unabhängiger Faktor bleibt, vermittelt über den BMI die Low grade inflammation (Schmeer und Yoon 2016). Somit setzt auf dieser Grundlage über Funktionsdefizite und Funktionsstörungen die Entwicklung chronisch-degenerativer Erkrankungen vielfach bereits im Kindesalter ein (Slopen et al. 2012).

! In jedem Alter wirken drei nachteilig gerichtete Prozesse (Flegal et al. 2008; Ogden et al. 2010):

- Bei Kindern und Jugendlichen bleibt die Entwicklung der Muskulatur (u. a. anderer Gewebe) hinter den potenziellen Möglichkeiten zurück.
- Es liegt eine Disposition und häufig auch die Entwicklung einer übergewichtsbedingten Sarkopenie (obesity sarcopenia) vor.
- Die Effektivität des trainingsbedingten Muskelaufbaus wird abgeschwächt (Williamson und Drake 2011).

2.7 Bewegungsleistungen und die Organisation und Reorganisation der Struktur

! Weil jede Trainingsbelastung das sensomotorische Lernen, die Ausdauer und die Kraft und „eigenständige“ gegeneinander nicht austauschbare und wichtige ergänzende Strukturanpassungen hervorruft (s. Abb. 2.2), müssen auch alle Belastungsformen für die therapeutische Reorganisation zugunsten der Funktion und Schmerzbehandlung eingesetzt werden.

Die **sensomotorische Koordination**, primär gegeben durch die kognitiven Prozesse der Handlungsregulation von Bewegungen (Notwendigkeit, Aufmerksamkeit, Idee, Planung, Intention, Organisation einschließlich Antizipation der Ergebnisse) und die darauf beruhende kognitiv kontrollierte Bewegungsregulation der unbewussten zerebralen Ebenen, ist die Basis aller Leistungen des sensomotorischen Systems. Diese Prozesse äußern sich in der Bewegungsqualität, die zugleich ein Merkmal

der Bewegungsökonomie ist. Die sensomotorische Koordination steht ausschließlich für die Leistung des Gehirns (Nervensystems) als Ergebnis des Lernens und Erhaltens von Bewegungen. Jede Bewegung ist ausnahmslos zunächst eine koordinative Leistung des sensomotorischen Systems, und jede Bewegung hat ihre „eigene“ Koordination, sodass es „die“ Koordination nicht gibt. Kraft und Ausdauer sind Logistikkfunktionen der Koordination. Zu jeder Bewegung gehören die bewegungsspezifisch ausgebildeten konditionellen Fähigkeiten Kraft und Ausdauer. Es *muß* ständig der Gravitation entgegnet werden, Körpermassen müssen wiederholt positioniert, beschleunigt oder gebremst werden, und es muss die energetische Basis für eine ausreichende Ermüdungsresistenz zur Verfügung stehen (Laube 2009).

! Die Bewegungsqualität, die spezifische Kondition, der allgemeine Konditionierungszustand mit positiver Bilanz zugunsten der globalen und lokalen anabolen Systeme, die Cross-talk-Aktivitäten und die anti-entzündliche Bilanz Myokine-Adipokine, die aerobe Kapazität für die Ermüdungsresistenz unter Belastung und die Erholungsprozesse Restitution, Reparatur und Adaptation zur positiven biologischen Verarbeitung der vorausgegangenen Beanspruchung durch berufliche und freizeithliche Belastungen sind die Merkmale eines gesunden Bewegungsverhaltens mit darin integrierter präventiver Wirkung gegen Schmerzen.

Im Umkehrschluss begründet jede Bewegung mit ungenügender Ausführungsqualität eine biomechanisch nachteilige Gelenk- und Bindegewebsbelastung mit langfristig summativen Folgen. Kombiniert mit inadäquater Kraft und Ausdauer infolge allgemeiner, aber auch bewegungsspezifischer (z. B. Läufer, aber beruflich monotone Schultergürtelbelastung) Dekonditionierung, gleichbedeutend einer inadäquaten muskulären Stabilisations- und Kompensationsfähigkeit sowie Ermüdungsresistenz, inadäquater Mikrozirkulation mit lokalen relativen Ischämien und pro-nozizeptivem interstitiellem Milieu und defizitären Regenerations- und Reparaturkapazitäten, wird jede Bewegung bzw. Bewegungsserie zur Quelle von funktions- und strukturrelevanten Fehl- und Überbelastungen. Die Ausbildung von Funktionsstörungen mit resultierenden Überforderungen der anti-nozizeptiven Kapazität ist nur eine Frage der Zeit (Laube 2020).