

Kompodium der Sportmedizin

Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie

Bearbeitet von
Manfred Wonisch, Holger Förster, Peter Hofmann, Helmut Hörtnagl, Eveline Ledl-Kurkowski, Rochus Pokan

2. Auflage 2017. Buch. XXI, 548 S. Softcover

ISBN 978 3 211 99715 4

Format (B x L): 16,8 x 24 cm

[Weitere Fachgebiete > Medizin > Sonstige Medizinische Fachgebiete > Sportmedizin, Tauchmedizin](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of increasing size. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Primärpräventiver Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität

Günther Samitz

- 2.1 Sterblichkeit aller Ursachen – 12**
- 2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen – 14**
 - 2.2.1 Koronare Herzkrankheit – 14
 - 2.2.2 Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko – 15
- 2.3 Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen – 16**
 - 2.3.1 Darmkrebs – 16
 - 2.3.2 Brustkrebs – 17
 - 2.3.3 Körperliche Aktivität und andere Tumorrisiken – 17
- 2.4 Adipositas – 18**
- 2.5 Diabetes mellitus Typ 2 – 19**
- 2.6 Osteoporose – 20**
 - 2.6.1 Knochenstärkende Effekte bei Kindern und Jugendlichen – 21
 - 2.6.2 Knochenstärkende Effekte bei prämenopausalen Frauen und erwachsenen Männern – 22
 - 2.6.3 Knochenstärkende Effekte bei postmenopausalen Frauen und älteren Männern – 23
- 2.7 Erhaltung der Mobilität im höheren Lebensalter – 24**
- Literatur – 25**

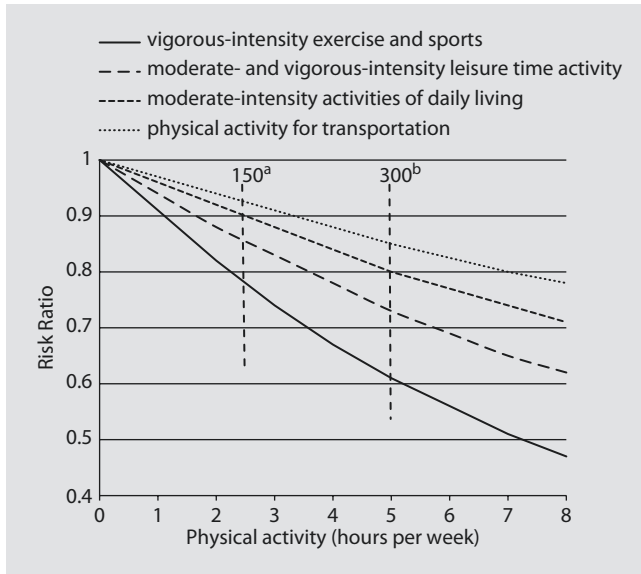
Die Evidenz zum primärpräventiven Nutzen regelmäßiger körperlicher Aktivität auf nicht übertragbare chronische Erkrankungen beruht überwiegend auf epidemiologischen Studien. Randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) sind in der Minderzahl und beschränken sich zumeist auf die Untersuchung intermediärer Endpunkte und Surrogatparameter (z.B. kardiovaskuläre Risikofaktoren, VO_{2max} , Knochendichte, HbA_{1c}). Aufgrund der enormen Anzahl publizierter Studienberichte wird die Evidenz zu den wichtigsten Krankheitsbildern bzw. Gesundheitseindpunkten auf Basis aktueller systematischer Reviews, Meta-Analysen sowie großer singulärer Kohorten- bzw. RCTs zusammengefasst.

2.1 Sterblichkeit aller Ursachen

Zwischen der körperlichen Aktivität bzw. körperlichen Fitness und der Sterblichkeit aller Ursachen (= Gesamtsterblichkeit) besteht eine starke inverse Beziehung. Mehrere systematische Reviews und Meta-Analysen von prospektiven Kohortenstudien haben diesen Zusammenhang in den letzten Jahren untersucht (Nocon et al. 2007; Löllgen et al. 2009; Kodama et al. 2009; Woodcock et al. 2011; Samitz et al. 2011). Die Meta-Analysen inkludierten zwischen 20 und 80 Studien mit >100.000 bis 1,3 Millionen Studienteilnehmern, die zu Studienbeginn keine Herz-Kreislauf-, Krebs- oder andere schwerwiegende chronische Erkrankung oder Behinderung aufwiesen und im Mittel etwa 12 Jahre nachbeobachtet wurden. Das Mortalitätsrisiko der körperlich aktivsten im Vergleich zu den am wenigsten aktiven Kategorien war in den Analysen um 24–35% reduziert und die Risikoreduktion war bei den Frauen durchweg größer als bei den Männern. Die Gründe für den größeren Mortalitätsbenefit bei Frauen sind nicht klar, könnten in dem bei Frauen meist geringeren initialen Aktivitätsstatus, in biologischen Unterschieden und in methodischen Ursachen liegen. In drei dieser Analysen wurde auch die Dosis-Wirkungs-Beziehung quantifiziert (Woodcock et al. 2011; Samitz et al. 2011; Kodama et al. 2009).

Woodcock et al. analysierten den Zusammenhang zwischen nicht intensiven körperlichen Aktivitäten und der Gesamtsterblichkeit und kombinierten die Ergebnisse von 22 Kohortenstudien. Eine Aktivitätsdosis von 11 MET-Stunden pro Woche (ca. 2,5 Stunden moderate körperliche Aktivität pro Woche) war im Vergleich mit keiner Aktivität mit einer Reduktion des Mortalitätsrisikos um 19% (95%-CI 15–24) assoziiert. Die Risikoreduktion für Gehen allein fiel geringer aus (11%; 95%-CI 4–18). 31 MET-Stunden pro Woche (ca. 7 Stunden moderate körperliche Aktivität pro Woche) waren mit einer Risikosenkung von 24% (95%-CI 19–29) assoziiert. Die Autoren schlossen daraus, dass zwischen der körperlichen Aktivität und Gesamtsterblichkeit eine nichtlineare Beziehung besteht und die größte Risikominderung durch körperliche Aktivität beim Übergang von körperlicher Inaktivität zu einer moderaten körperlichen Aktivitätsstufe erfolgt, durch noch mehr Bewegung aber eine noch größere Reduktion des Mortalitätsrisikos erreicht wird (Woodcock et al. 2011).

Die umfassendste Meta-Analyse zu diesem Endpunkt stammt von unserer Arbeitsgruppe (Samitz et al. 2011). Die Analyse inkludierte 80 prospektive Kohortenstudien mit 1,3 Millionen Studienteilnehmern und untersuchte den Zusammenhang zwischen der Gesamt- und domänenspezifischen körperlichen Aktivität und der Mortalität. Weiters quantifizierten wir den Mortalitätsbenefit, der mit den aktuellen WHO-Aktivitätsempfehlungen assoziiert ist. In unserer Analyse war die WHO-Mindestempfehlung von 150 Minuten mäßig-intensiver körperlicher Aktivität pro Woche mit einer Risikominderung von 10% assoziiert (relatives Risiko [RR] 0,90, 95%-CI 0,84–0,96) und eine signifikante Reduktion der Gesamtsterblichkeit auch noch deutlich unterhalb dieser Mindestempfehlung gegeben. Der Mortalitätsbenefit pro Anstieg des Aktivitätsumfangs



■ **Abb. 2.1** Meta-Regressionsanalyse der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen verschiedenen Domänen/Intensitäten körperlicher Aktivität und der Gesamtsterblichkeit (Samitz et al. 2011). a, b: WHO-Dosisempfehlungen. Für einen Mindestgesundheitsnutzen empfiehlt die WHO mindestens 150 min/Woche moderat-intensive körperliche Aktivität oder 75 min/Woche höher-intensive körperliche Aktivität. Für einen höheren Gesundheitsnutzen empfiehlt die WHO, die Aktivitätsdosis auf 300 min/Woche (moderat-intensive Aktivität) oder 150 min/Woche (höher intensive körperlicher Aktivität) zu erhöhen (WHO 2010)

um eine Stunde pro Woche wurde aber maßgeblich von der Intensität der domänenspezifischen körperlichen Aktivität beeinflusst (■ Abb. 2.1). Im Vergleich mit nahezu keiner Bewegung war eine Steigerung des Bewegungsumfangs von mäßig-intensiven Aktivitäten des täglichen Lebens (z.B. Gehen, Gartenarbeit, moderate Hausarbeiten etc.) um eine Stunde pro Woche mit einer Reduktion der Gesamtsterblichkeit um 4% (RR 0,96; 95%-CI 0,93–0,98) assoziiert. Bei mäßig-intensiven bis höher-intensiven Freizeitaktivitäten (z.B. Gymnastik, Krafttraining, Wandern, Radfahren, Schwimmen, Spiele, Tanzen) betrug die Risikominderung pro Dosisanstieg um eine Stunde pro Woche 6% (RR 0,94; 95%-CI 0,92–0,97) und bei höher-intensivem Ausdauertraining und sonstigem intensiven Sport 9% (RR 0,91; 95%-CI 0,87–0,94). Die größere Risikominderung für höher-intensive Aktivität ist damit zu erklären, dass diese pro Zeiteinheit einen größeren motorischen Energieverbrauch und somit eine insgesamt höhere Aktivitätsdosis bewirkt, aber auch die Intensität selbst dürfte von sich aus einen zusätzlichen positiven Einfluss ausüben. Mehrere aktuelle Kohortenstudien unterstützen diese Annahme (Wen et al. 2011; Lahti et al. 2014; Shiroma et al. 2014).

Wen et al. (2011) konnten bei >400.000 Kohortenteilnehmern aus Taiwan – der Aktivitätsstatus der Erwachsenenbevölkerung in Taiwan liegt deutlich niedriger als der in Europa – zeigen, dass bereits 15 Minuten mäßig- bis höher intensives körperliches Training pro Tag mit einer Reduktion der Gesamtsterblichkeit um 14% (RR 0,86; 95%-CI 0,81–0,91) assoziiert war. In dieser bis dato größten singulären prospektiven Kohortenstudie war die Risikominderung bei gleichem Aktivitätsumfang für höher-intensive Aktivitäten größer als für mäßig-intensive Aktivitäten. Auch in der Kohortenstudie von Lahti et al. (2014) war höhere Intensität bei gleichzeitiger

Kontrolle für den Aktivitätsumfang mit einer größeren Reduktion der Gesamtsterblichkeit assoziiert als mittlere Intensität (Harzard Rate [HR] 0,54; 95%-CI 0,34–0,86 versus 0,73; 95%-CI 0,49–1,11).

Die Meta-Analyse von Kodama et al. (2009) untersuchte den Zusammenhang zwischen der im Belastungstest objektiv ermittelten körperlichen Fitness und der Gesamtsterblichkeit. Diese Analyse inkludierte 33 prospektive Kohortenstudien mit >100.000 Studienteilnehmern. Auf Basis der Dosis-Wirkungs-Analyse war jede Steigerung der maximalen ergometrischen Leistungsfähigkeit um 1 MET (3,5 ml O₂/min/kgKG) mit einer Reduktion des Mortalitätsrisikos um 13% (RR 0,87; 95%-CI 0,84–0,90) assoziiert. In dieser Analyse betrugen die minimalen Fitness-Stufen, die mit einer signifikant niedrigeren Gesamtsterblichkeit assoziiert waren, bei 40-jährigen Männern und Frauen 9 METs bzw. 7 METs, bei einem Lebensalter von 50 Jahren 8 METs bzw. 6 METs und im Alter von 60 Jahren 7 METs bzw. 5 METs.

Die Frage, ob die körperliche Aktivität oder die körperliche Fitness der bessere prognostische Faktor der Mortalität ist, lässt sich insofern beantworten, dass beide Parameter für die Anwendung in der Praxis Vor- und Nachteile haben. Beide Parameter hängen zusammen, beruhen aber auf unterschiedlichen Erhebungs- und Messmethoden. In Studien zur körperlichen Aktivität, vor allem in solchen mit großen Kohorten, erfolgte die Einschätzung des Aktivitätsstatus überwiegend mit subjektiven Methoden wie Fragebögen oder Interviews, die aufgrund ihrer größeren Fehleranfälligkeit und der Gefahr für Missklassifikationen die tatsächliche Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und Mortalität tendenziell unterschätzen. Die Assoziation zwischen der körperlichen Fitness und Mortalität ist im Vergleich zur körperlichen Aktivität stärker (Talbot et al. 2002; Nocon et al. 2008). Die körperliche Fitness in Form der maximalen Belastungskapazität kann objektiv mittels symptomlimitierter Ergometrie erhoben werden und ist daher trotz der Unsicherheit ihres genetischen Anteils für eine prognostische Aussage künftiger Ereignisse prinzipiell zuverlässiger als die körperliche Aktivität. Für den Sportmediziner, Internisten oder Kardiologen, die in der Regel über einen Ergometriemessplatz verfügen, hat die Belastungskapazität für die Abschätzung der funktionellen Beeinträchtigung und zur Risikobewertung sowie für die nachfolgende individuelle Trainingsvorschreibung einen höheren Stellenwert als die körperliche Aktivität. Für Public-Health-Experten, die bevölkerungsbezogene Bewegungsempfehlungen formulieren und auf einer breiten Basis umzusetzen versuchen, ist hingegen die körperliche Aktivität die praktikablere Zielgröße.

2.2 Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Trotz großer therapeutischer Fortschritte sind Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Zentraleuropa nach wie vor die führende Krankheits- und Todesursache. Für die Beurteilung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Aktivität bzw. körperlichen Fitness und der kardiovaskulären Morbidität und Mortalität – hier werden neben der koronaren Herzkrankheit (KHK) auch zerebrovaskuläre Erkrankungen eingerechnet – stehen mehrere systematische Reviews und Meta-Analysen von Kohortenstudien zur Verfügung (Williams 2001; Sofi et al. 2008; Nocon et al. 2008; Kodama et al. 2009; Sattelmair et al. 2011; Li et al. 2012). Von allen Endpunkten am besten untersucht ist die koronare Herzkrankheit.

2.2.1 Koronare Herzkrankheit

In den verfügbaren Meta-Analysen mit bis zu 880.000 Studienteilnehmern vorwiegend mittleren Lebensalters, die initial keine kardiovaskuläre Erkrankung aufwiesen und bis zu 25 Jahre nachbeobachtet wurden, ist das kombinierte KHK-Risiko der körperlich aktivsten im Vergleich zu den

inaktivsten Subgruppen um 25–35% reduziert (Williams 2001; Sofi et al. 2008; Nocon et al. 2008; Sattelmair et al. 2011; Li et al. 2012). Der Vergleich der höchsten mit der niedrigsten Kategorie der körperlichen Aktivität, wie er in traditionellen Meta-Analysen üblich ist, lässt aber keine Aussage über den genauen Verlauf der Dosis-Wirkungs-Beziehung zu. In der methodisch hochwertigsten dieser Analysen wurde die Dosis-Wirkungs-Beziehung mit Hilfe von Meta-Regressionsmodellen untersucht (Sattelmair et al. 2011). Demnach ist die Beziehung zwischen der körperlichen Freizeitaktivität und tödlichen und nichttödlichen KHK-Ereignissen nicht linear, mit der größten Reduktion des Risikos auf mittleren Aktivitätsstufen und einer weiteren, aber im Ausmaß geringeren Risikoreduktion auf höheren Aktivitätsstufen. Eine Dosis von 150 Minuten moderat-intensiver körperlicher Aktivität pro Woche (entspricht den WHO-Mindestempfehlungen für körperliche Aktivität) war im Vergleich zu keiner Aktivität mit einem um 14% (RR 0,86; 95%-CI 0,77–0,96) und eine Dosis von 300 Minuten moderat-intensiver körperliche Aktivität pro Woche (WHO-Empfehlung für einen gesteigerten Gesundheitsnutzen) mit einem um 20% (RR 0,80; 95%-CI 0,74–0,88) reduziertem KHK-Risiko assoziiert (ebd.). Auch unterhalb der WHO-Mindestempfehlung war das Risiko noch signifikant reduziert. Die mit 150 bzw. 300 min/Woche assoziierte Risikoreduktion fällt für Frauen deutlich höher aus als für Männer (20% vs. 9% bzw. 28% vs. 18%).

Zur Beurteilung des Zusammenhangs zwischen der körperlichen Fitness (maximale aerobe Kapazität) und dem Endpunkt KHK bzw. CVD sind ebenfalls mehrere Meta-Analysen von prospektiven Kohortenstudien verfügbar, die zeigen, dass eine höhere ergometrische Leistungsfähigkeit mit einem niedrigeren Risiko für KHK/CVD assoziiert ist (Williams 2001; Sofi et al. 2008; Kodama et al. 2009). Nur die aktuellste dieser Meta-Analysen, die 33 prospektive Kohortenstudien mit ca. 103.000 Studienteilnehmern einschloss, beinhaltet auch eine formale Dosis-Wirkungs-Analyse (Kodama et al. 2009). Nach den Ergebnissen dieser Analyse ist jede Steigerung der maximalen ergometrischen Leistungsfähigkeit um 1 MET (3,5 ml O₂/kgKG/min) mit einer Reduktion des KHK/CVD-Risikos um 15% (RR 0,85; 95%-CI 0,82–0,88) assoziiert.

2.2.2 Körperliche Aktivität und Schlaganfallrisiko

Schlaganfälle sind für etwa ein Fünftel der kardiovaskulären Erkrankungen verantwortlich und die bedeutsamste Ursache für eine bleibende Behinderung (Goldstein et al. 2006). Drei Meta-Analysen von Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien, die annähernd 500.000 Studienteilnehmer repräsentieren, haben für die verschiedenen Schlaganfallmodalitäten (ischämisch, hämorrhagisch, nicht differenziert) den primärpräventiven Nutzen der körperlichen Aktivität untersucht (Lee et al. 2003; Wendel-Vos et al. 2004; Reimers et al. 2009). In diesen Meta-Analysen war das kombinierte Risiko für den Schlaganfall (alle Modalitäten) für die in der Freizeit körperlich aktivsten Gruppen im Vergleich zu den inaktiven Gruppen um 22–29% reduziert, das Risiko für den ischämischen Schlaganfall um 21–25% und das Risiko für Gehirnblutungen um 26–34% vermindert. Auch in den mäßig aktiven Gruppen waren das Schlaganfallrisiko insgesamt bereits um etwa 20% und das Risiko für den ischämischen und hämorrhagischen Schlaganfall um 9% bzw. 15% vermindert. In der Analyse von Wendel-Vos, die zwischen freizeitbezogener und beruflicher körperlicher Aktivität unterschied, war auch die berufsbezogene körperliche Aktivität mit einer vergleichbaren Reduktion des Schlaganfallrisikos assoziiert (Wendel-Vos et al. 2004). In der aktuellsten Meta-Analyse mit 33 prospektiven und 10 Fall-Kontroll-Studien, die eine geschlechtsspezifische Auswertung beinhaltet, war eine signifikante Risikoreduktion nur für Männer nachweisbar, was aber an der geringen Zahl von inkludierten Studien mit Frauen liegen könnte (Reimers et al. 2009). In den Fall-Kontroll-Studien fand sich bei Frauen und Männern gemeinsam eine größere Risikoreduktion als in den Kohortenstudien. Die Evidenz aus prospektiven Kohortenstudien ist aber höher zu bewerten. Insgesamt liegt die Risikosenkung für zerebrovaskuläre Ereignisse in

der gleichen Größenordnung wie bei der koronaren Herzkrankheit. Obwohl die Mehrheit der Studien, vor allem die großen Kohortenstudien, darauf hinweisen, dass mit zunehmendem Aktivitätsumfang auch das Schlaganfallrisiko sinkt, sind sichere Aussagen über den genauen Verlauf der Dosis-Wirkungs-Beziehung zur Zeit nicht möglich, da in keiner dieser Meta-Analysen die Dosis-Wirkungs-Beziehung mit formalen Methoden untersucht wurde. In einigen Studien wurde ein U-förmiger Dosis-Wirkungs-Verlauf beobachtet (Hu et al. 2000; Myint et al. 2006). In diesen war die Risikoreduktion in der mittleren Aktivitätskategorie größer als in der aktivsten Subgruppe. Ob ein Sättigungseffekt oder sogar eine erneute Zunahme des Risikos bei hohen Aktivitätsdosen besteht, kann derzeit nicht beantwortet werden.

2.3 Körperliche Aktivität und Krebserkrankungen

Bösartige Neubildungen sind in Österreich, Deutschland und der Schweiz nach den Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit ca. 25% die zweithäufigste Todesursache. Die häufigsten Tumorerkrankungen sind Darmkrebs, Brustkrebs, Lungenkrebs und Prostatakrebs (Robert Koch-Institut 2014; Statistik Austria 2014; Bundesamt für Statistik Schweiz 2014). Von 100 Personen erkranken etwa 10 vor dem 75. Lebensjahr an einem dieser vier Tumore. Epidemiologische Studien zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und malignen Tumorerkrankungen wurden erst ab den 1980er-Jahren durchgeführt, die meisten davon für Darmkrebs und Brustkrebs. Inzwischen sind weltweit >300 Studien verfügbar, in denen die primärpräventiven Effekte körperlicher Aktivität auf das Krebsrisiko untersucht wurden (Kruk u. Czerniak 2013). Körperliche Aktivität schützt nicht generell vor Krebs, in jedem Fall ist eine differenzierte Betrachtung nach der Organlokalisation des Tumors erforderlich.

2.3.1 Darmkrebs

Am besten abgesichert ist der protektive Effekt regelmäßiger körperlicher Aktivität hinsichtlich des Kolonkarzinoms. In einer Meta-Analyse von 52 Studien (18 prospektive Kohortenstudien und 24 Fall-Kontroll-Studien) war das kombinierte Risiko für Darmkrebs bei einem Vergleich der körperlich aktivsten mit den inaktivsten Kategorien um 24% reduziert (RR 0,76; 95%-CI 0,72–0,81) (Wolin et al. 2009). Das Ausmaß der Risikoreduktion fiel für Männer und Frauen ähnlich aus (24% vs. 21%), war aber in den Fall-Kontroll-Studien größer als in den Kohortenstudien (31% vs. 17%) (RR 0,69; 95%-CI 0,65–0,74 bzw. RR 0,83; 95%-CI 0,78–0,88). Fall-Kontroll-Studien unterliegen aber einem höheren Risiko für systematische Verzerrungen. Diese inverse Beziehung wurde in unterschiedlichen Populationen in Europa, den USA und in Asien gefunden. Sowohl die freizeitbezogene als auch die berufsbezogene körperliche Aktivität war mit einer signifikanten Risikoreduktion für Darmkrebs assoziiert (RR 0,77, 95%-CI 0,72–0,82 bzw. RR 0,78, 95%-CI 0,73–0,83). Eine ansteigende Aktivitätsdosis scheint mit einem sinkenden Kolonkarzinomrisiko verbunden zu sein. Der genaue Verlauf des Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs lässt sich derzeit aber nicht beschreiben. Die höchste Aktivitätskategorie entsprach >20 MET-Stunden pro Woche (ca. 5–6 Stunden mäßig-intensive Aktivität). Intensivere Aktivitäten (>6 METs), die regelmäßig und langfristig ausgeübt wurden, führten zu den größten Risikoreduktionen. Für das Rektumkarzinom liegen deutlich weniger Studien vor. Anders als für das Kolonkarzinom fanden sich in diesen Studien keine Assoziationen zwischen dem Krebsrisiko und dem Aktivitätsverhalten.

2.3.2 Brustkrebs

Brustkrebs ist bei Frauen die am häufigsten diagnostizierte maligne Erkrankung. Zur Beurteilung der Evidenz zur protektiven Wirkung körperlicher Aktivität auf das Brustkrebsrisiko stehen ein qualitativer systematischer Review (Monninkhof et al. 2007) sowie eine aktuelle Meta-Analyse (Wu et al. 2013) zur Verfügung. Der qualitative Review inkludierte 19 Kohorten- und 29 Fall-Kontroll-Studien, in denen die Gesamtaktivität oder freizeitbezogene Aktivität erhoben wurde (Monninkhof et al. 2007). Für den prä- und postmenopausalen Brustkrebs kombiniert war körperliche Aktivität mit einer Risikoreduktion von 15–20% assoziiert, für den postmenopausalen Brustkrebs war die Assoziation aber stärker. Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung konnte in etwa der Hälfte der Studien beobachtet werden.

Die Meta-Analyse von Wu et al. inkludierte 31 prospektive Kohortenstudien mit über 2,3 Millionen Studienteilnehmerinnen (63.786 Brustkrebsereignisse) bei einer Follow-up-Dauer von durchschnittlich 13,5 Jahren. In dieser Analyse betrug das gepoolte relative Brustkrebsrisiko (prä- und postmenopausal) bei Vergleich der höchsten mit der niedrigsten Aktivitätskategorie 0,88 (95% CI 0,85–0,91), die Risikoreduktion somit 12% (95%-CI 9–15). Sowohl die freizeit- und haushaltsbezogene als auch die berufsbezogene körperliche Aktivität waren mit einer signifikanten Risikosenkung assoziiert (13%, 95%-CI 9–17 bzw. 10%, 95%-CI 3–7). Der Zusammenhang war stärker bei prämenopausalen Frauen (RR 0,77; 95% -CI 0,72–0,84) im Vergleich zu postmenopausalen Frauen (RR 0,87; 95% -CI 0,84–0,92) und für Frauen mit einem Body-Mass-Index von <25 (RR 0,72; 95%-CI 0,65–0,81) im Vergleich zu Frauen mit einem BMI von >25 (RR 0,93; 95%-CI 0,83–1,05). Der Zusammenhang war für höher-intensive körperliche Aktivität stärker als für mäßig-intensive Aktivität (RR 0,85; 95%-CI 0,80–0,90 vs. 0,95; 0,90–0,99). In der Dosis-Wirkungs-Analyse ergab sich zwischen dem Risiko für Brustkrebs und der körperlichen Aktivitätsdosis ein linearer Zusammenhang. Jede Steigerung der freizeit- plus haushaltsbezogenen Aktivitätsdosis um 25 MET-Stunden pro Woche (entspricht etwa 10 Stunden/Woche leicht-intensiven Haushaltsaktivitäten) war mit einer Risikoreduktion von 2% (RR 0,98; 95% CI 0,97–0,99), jede Steigerung der freizeitbezogenen Aktivität um 10 MET-Stunden pro Woche (entspricht etwa 4 Stunden Gehen/Woche) mit einer Risikoreduktion von 3% (RR 0,97; 95%-CI 0,95–0,98) und jede Erhöhung des Bewegungsumfangs um 2 Stunden pro Woche mit mäßig- bis höher-intensiver Freizeitaktivität mit einer Risikoreduktion von 5% (RR 0,95; 95%-CI 0,93–0,97) assoziiert (Wu et al. 2013).

2.3.3 Körperliche Aktivität und andere Tumorrisiken

Die Auswirkungen der körperlichen Aktivität auf andere Tumorarten sind weit weniger untersucht.

■ Lungenkrebs

Zur Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko für Lungenkrebs liegt ein systematischer Review mit 14 prospektiven Kohortenstudien vor, der >1,6 Millionen Studienteilnehmer repräsentiert (Sun et al. 2012). Sowohl eine hohe als auch eine mittlere Aktivitätsdosis war bei Männern und Frauen mit einem verminderten Risiko für Lungenkrebs assoziiert (RR 0,77; 95%-CI 0,73–0,81 bzw. RR 0,87; 95%-CI 0,83–0,90). Die Risikoreduktion betrug somit 23% bzw. 13%. Diese Effekte waren unabhängig von anderen Risikofaktoren für Lungenkrebs.

■ Endometriumkrebs

Zum Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Endometriumtumoren liegen etwa 25 epidemiologische Studien vor. Ein systematischer Review mit sieben qualitativ hochwertigen Studien ergab eine signifikante durchschnittliche Risikoreduktion von 23% (95%-CI 15–30), wenn Frauen mit dem höchsten und niedrigsten Aktivitätsniveau miteinander verglichen wurden (Voskuil et al. 2007). Die Ergebnisse legen nahe, dass körperliche Aktivität wahrscheinlich gegen Endometriumkrebs schützt.

■ Prostatakrebs

Prostatakrebs ist die am häufigsten diagnostizierte Krebsart bei Männern. In über 20 Studien wurde der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko für Prostatakrebs untersucht. In der Mehrheit der Studien fand sich eine Risikoreduktion von 10–20%. Die stärkste inverse Assoziation wurden für Männer mit regelmäßiger intensiver körperlicher Aktivität für den fortgeschrittenen und fatalen Prostatakrebs gefunden (Giovannucci et al. 2005).

Auf Basis der zusammengefassten Evidenz wird deutlich, dass körperliche Aktivität die Risiken für die häufigsten Krebserkrankungen senken kann. Daraus leitet sich ein enormes Public-Health-Potenzial regelmäßiger Bewegung ab.

2.4 Adipositas

Die Prävalenz von Übergewicht ($\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$) und Adipositas ($\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$) hat in den letzten Jahrzehnten sehr stark zugenommen. In Deutschland sind 60% der Erwachsenenbevölkerung übergewichtig und 23,5% adipös (Mensink et al. 2013). Bei den 3- bis 17-jährigen Kindern und Jugendlichen sind es 15% bzw. 6,3%. Für Österreich wurden für die Erwachsenenbevölkerung zuletzt Prävalenzen von 40% bzw. 12% berichtet, und bei den 7- bis 14-jährigen Schulkindern waren 24% übergewichtig oder adipös (Elmadfa et al. 2012). Die Ursachen sind multifaktoriell und werden in der Veränderung der Lebensumwelt und des Lebensstils gesehen. Für die Beurteilung der Effektivität von körperlicher Aktivität und Sport zur Primärprävention der Adipositas bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen stehen Daten aus Querschnittstudien, prospektiven Kohortenstudien und randomisierten Interventionsstudien zur Verfügung.

Querschnittsdaten sprechen für eine starke Beziehung zwischen Bewegungsmangel und Adipositas. In der EPIC-PANACEA-Studie wurde die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Body-Mass-Index (BMI) sowie Taillenumfang bei 405.819 Frauen und Männer in neun europäischen Ländern untersucht (Besson et al. 2009). Körperliche Aktivität war unabhängig von potenziellen Störfaktoren sowohl mit dem BMI als auch mit dem Taillenumfang invers assoziiert. Auch bei Kindern und Jugendlichen fand ein systematischer Review von 48 Studien (davon 41 Querschnittsstudien) bei 38 von 48 Studien eine umgekehrte Assoziation zwischen der körperlichen Aktivität und Adipositas (Jimenez-Pavon et al. 2010). Bedenken über eine umgekehrte Kausalität erschweren aber die Interpretation solcher Querschnittsergebnisse. Es ist nicht klar, ob ein niedrigeres Aktivitätsniveau für ein höheres Körpergewicht ursächlich ist oder vice versa.

Die Evidenz aus prospektiven Kohortenstudien ist weit weniger konsistent. Folgeholm und Kukkonen-Harkula (2000) analysierten in ihrem systematischen Review die Daten von Kohortenstudien bei Erwachsenen. In den meisten Studien, in denen die körperliche Aktivität subjektiv mittels Fragebogen erhoben wurde, fand sich zwar eine inverse Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität und der langfristigen Gewichtszunahme, die Assoziation war aber insgesamt schwach. Auch Wareham et al. (2005) kommen in Ihrem systematischen Review mit 14 zusätzlichen Kohortenstudien zu einem ähnlichen Ergebnis. In der Nurses' Health Study II mit

18.414 prämenopausalen Frauen war beispielsweise jede Steigerung der körperlichen Aktivitätsdosis um 30 Minuten pro Tag (Gehen, Radfahren, andere Aktivitäten) im Beobachtungszeitraum von 16 Jahren mit einer im Vergleich zu den inaktiven Frauen um 1,5–1,8 kg geringeren Gewichtszunahme assoziiert (Lusk et al. 2010). Ein systematischer Review zu aktivem Transport (z.B. Überwinden kurzer Strecken im Alltag zu Fuß oder per Fahrrad) fand ebenfalls nur eine sehr eingeschränkte Evidenz dafür, dass aktive Mobilität mit einem geringeren Körpergewicht assoziiert ist (Wanner et al. 2012). In den wenigen Kohortenstudien bei Erwachsenen, in denen die körperliche Aktivität bzw. der Energieverbrauch objektiv gemessen worden war, fand sich im Beobachtungszeitraum von 4–5 Jahren überhaupt kein Zusammenhang (Wareham et al. 2005). Auch bei Kindern zeigte eine Meta-Analyse von sechs prospektiven Studien mit einer Follow-up-Dauer von 1,6–8 Jahren, dass zwischen der objektiv gemessenen körperlichen Aktivität und dem Körperfettanteil keine signifikante Beziehung bestand (Wilks et al. 2011).

Randomisierte Studien zur Primärprävention von Übergewicht und Adipositas sind rar. Wareham et al. (2005) identifizierten im Rahmen ihres systematischen Reviews 6 Studien bei Erwachsenen und 11 Studien bei Kindern und Jugendlichen. Die Interventionen waren meist von kurzer Dauer. In vier der sechs Studien mit Erwachsenen fanden sich nach Beendigung der Intervention zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe Unterschiede in der Körperzusammensetzung. Von den 11 Studien mit Kindern waren 9 schulbasierte Interventionsprogramme. Nur in 3 von 11 Studien zeigte sich hinsichtlich der Körperzusammensetzung ein kleiner Interventionseffekt.

Auf Basis der vorliegenden Evidenz aus observationellen und randomisierten Studien kann derzeit nicht bestimmt werden, welche Aktivitätsdosis notwendig ist, um Übergewicht und Adipositas langfristig vorzubeugen. Die erforderliche Aktivitätsdosis ist aber substantiell.

2.5 Diabetes mellitus Typ 2

Auch die Prävalenz des Diabetes mellitus Typ 2 (DM2) ist weltweit stark im Ansteigen begriffen (Wild et al. 2004). Typ-2-Diabetes verursacht in den entwickelten Regionen bereits 10–15% der gesamten Gesundheitskosten (ebd.). Neben einer genetischen Disposition sind körperliche Inaktivität und Übergewicht die primären Faktoren in der Pathogenese der gestörten Glukosetoleranz und des DM2 (Rana et al. 2007). Zur Einschätzung der primärpräventiven Wirksamkeit körperlicher Aktivität auf das Diabetesrisiko stehen sowohl epidemiologische als auch randomisierte, kontrollierte Studien (RCTs) zur Verfügung. In zahlreichen großen prospektiven Kohortenstudien wurde bei Männern und Frauen zwischen mäßig- und höher-intensiver körperlicher Aktivität und der Inzidenz von DM2 eine inverse Beziehung gefunden (Helmrich et al. 1991; Manson et al. 1992; Lynch et al. 1996; Hu et al. 1999, 2001, 2003; Villegas et al. 2006; Engberg et al. 2009; Grøntved et al. 2012; Yates et al. 2014). Eine Meta-Analyse hat die Assoziation zwischen mäßig-intensiven körperlichen Aktivitäten und DM2 quantifiziert (Jeon et al. 2007). Die Analyse inkludierte 10 Kohortenstudien mit >300.000 Studienteilnehmern bei einer durchschnittlichen Follow-up-Dauer von 9,9 Jahren. Das gepoolte Risiko der höchsten versus niedrigsten Kategorie betrug nach Adjustierung für den BMI und anderen Störfaktoren 0,83 (95%-CI 0,76–0,90), die Risikoreduktion demnach 17% (95%-CI 10–24). Die Dosis moderater Aktivitäten in der höchsten Kategorie betrug 10 MET-Stunden pro Woche (entspricht etwa 2,5 Stunden pro Woche zügiges Gehen). In einer Kohortenanalyse der NAVIGATOR-Studie, einer großen randomisierten Multicenterstudie in 40 Ländern, war bei 9306 Personen mit eingeschränkter Glukosetoleranz und hohem kardiovaskulären Risiko die objektiv gemessene körperliche Aktivität unabhängig vom BMI und anderen Lebensstilfaktoren mit der Inzidenz für kardiovaskuläre

Ereignisse invers assoziiert (Yates et al. 2014). Bei initial 2000 Schritten pro Tag (entspricht etwa 20 Minuten Gehen) im Vergleich zu keiner Bewegung war das Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse (kardiovaskulärer Tod, nicht-tödlicher Myokardinfarkt, nicht-tödlicher Schlaganfall) um 10% reduziert (RR 0,90; 95%-CI 0,84–0,96). Für jede Steigerung des Bewegungsverhaltens um 2000 Schritte pro Tag im Verlauf des zweijährigen Follow-up betrug die Risikoreduktion 8% (RR 0,92; 95%-CI 0,86–0,99).

In der „Health Professionals Follow-up Study“, einer Kohortenstudie mit 32.000 Männern und einer Nachbeobachtungszeit von 18 Jahren, wurde erstmals eine inverse Beziehung zwischen regelmäßigem Krafttraining und der Inzidenz für DM2 aufgezeigt und die Dosis-Wirkungs-Beziehung quantifiziert (Grøntved et al. 2012). Jede Steigerung des Umfangs an Krafttraining um eine Stunde pro Woche war mit einer Verminderung des Diabetesrisikos um 13% (95%-CI 6–19) assoziiert. Die Kombination von Ausdauertraining und Krafttraining war aber mit der größten Risikoreduktion verbunden. Männer, die die WHO-Mindestbewegungsempfehlungen erfüllten (≥ 150 min moderat intensive Ausdaueraktivität pro Woche) und zusätzlich ≥ 150 min pro Woche Krafttraining durchführten, hatten ein um 59% (95%-CI 39–73) vermindertes Risiko für DM2.

In den bei Personen mit hohem Diabetesrisiko durchgeführten großen randomisierten Diabetes-Präventionsstudien – „The Chinese Diabetes Prevention Study“ (Pan et al. 1997), „The Finnish Diabetes Prevention Study“ (Tuomilehto et al. 2001), „The US Diabetes Program“ (Knowler et al. 2002) und „The Indian Diabetes Prevention Program“ (Ramachandran et al. 2006) – führte eine intensive Lebensstilintervention, einschließlich Ernährungsumstellung, Gewichtsreduktion und körperliche Aktivität, nach einer Follow-up-Dauer von 3–6 Jahren im Vergleich zu den Kontrollgruppen zu einer Reduktion der Diabetesinzidenz von 29–58%, die noch Jahre nach Beendigung der Intervention anhielt. Körperliche Aktivität als eigener Interventionsarm wurde nur in der „Chinese Diabetes Prevention Study“ untersucht und war dort ähnlich wirksam wie Diät plus körperliche Aktivität (relative Risikoreduktion 46% bzw. 42%) (Pan et al. 1997). Drei kleinere randomisierte Studien mit Patienten mit hohem DM2-Risiko untersuchten Bewegung als alleinige Intervention (Kinmonth et al. 2008; Yates et al. 2009, 2011). In zwei davon (Yates et al. 2009, 2011) führte die Intervention zu einer signifikanten Verbesserung der gestörten Glukoseregulation. Ein systematischer Review mit 12 Studien, der die Wirksamkeit von unter realen Bedingungen durchgeführten Lebensstilinterventionen bei Patienten mit hohem Diabetesrisiko quantifizierte, befand, dass solche Interventionen auch in der routinemäßigen medizinischen Versorgung machbar sind, der klinische Nutzen aber deutlich geringer ausfällt als in den großen Referenzstudien. Diese Programme führten zwar nach einem Jahr zu einer signifikanten Reduktion des Körpergewichts ($-1,82$ kg, 95%-CI $-2,7$ bis $-0,99$), jedoch zu keiner Verbesserung der wichtigsten metabolischen Indikatoren des Diabetesrisikos (Cardona-Morell et al. 2010). Ein weiterer systematischer Review von 19 randomisierten und observationellen Studien, der speziell die Wirksamkeit der körperlichen Aktivität im Rahmen von gut strukturierten Interventionen bei Personen mit hohem Diabetesrisiko untersucht hat, kommt zu dem Schluss, dass auf Basis der derzeitigen Datenlage nicht eindeutig bestätigt werden kann, dass körperliche Aktivität allein schon ausreicht, um DM2 wirksam vorzubeugen (Malwaki 2012).

2.6 Osteoporose

Osteoporose ist eine systemische Skeletterkrankung, bei der infolge der Verringerung der Knochenmasse und -qualität ein erhöhtes Risiko für skelettale Frakturen besteht. Die häufigsten Frakturen betreffen Hüfte, Wirbelsäule und Unterarm. Osteoporosebezogene Frakturen sind

verantwortlich für eine erhöhte Morbidität und Mortalität, chronische Schmerzen und Pflegebedürftigkeit (Papaioannou et al. 2010). Es wird geschätzt, dass 30–50% der Frauen und 15–30% der Männer im Lebensverlauf eine osteoporotische Fraktur erleiden (US Department of Health and Human Services 2004).

Die Knochenfestigkeit hängt von einer Reihe interagierender Faktoren ab, die nicht nur das Knochengewebe selbst (Größe und Masse), sondern auch die Struktur des Knochens (Form und Mikroarchitektur) sowie die intrinsischen Eigenschaften des Knochenmaterials (Porosität, Matrix-Mineralisation, Collagenfasern, Mikroschädigungen etc.) einschließen (Griffith u. Genant 2008).

Die mittels Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA) gemessene Knochenmineraldichte (BMD) wurde bis dato in klinischen Studien am häufigsten als Surrogatmaß der Knochenfragilität verwendet. Obwohl betont wird, dass sie ein guter Prädiktor für das Frakturrisiko sei (Kanis et al. 2008), kann sie die Knochenfestigkeit nur teilweise abbilden. Ein Großteil der niedrigen Trauma-Frakturen (z.B. Stürze aus geringer Höhe) ereignen sich bei Personen mit normaler oder leicht vermindeter Knochendichte, z.B. Osteopenie (Jarvinen et al. 2005).

Generell wird angenommen, dass längere Phasen körperlicher Inaktivität und die fehlende mechanische Belastung des Skeletts zu einer reduzierten Knochenmasse führen, während regelmäßige Belastungsreize durch physische Aktivität und Training die Knochenmasse erhöhen. Dem sich noch im Wachstum befindlichen Knochen wird ein größeres Potenzial für Trainingsanpassungen zugesprochen als dem nach dem Wachstumsabschluss. Regelmäßige Bewegung und gezieltes körperliches Training werden daher im Kindes- und Jugendalter zur Optimierung der Knochenfestigkeit und im Erwachsenen- bzw. höheren Alter als nicht-medikamentöse Maßnahme zur Aufrechterhaltung der Knochendichte und Vorbeugung von Osteoporose empfohlen (WHO 2010).

2.6.1 Knochenstärkende Effekte bei Kindern und Jugendlichen

Die Wirksamkeit von Bewegungsinterventionen auf die Knochendichte (BMD), den Knochenmineralgehalt (BMC) oder die Knochenfestigkeit bei Kindern und Jugendlichen wurde in mehreren systematischen Reviews und Meta-Analysen von randomisierten kontrollierten (RCTs) und nichtrandomisierten kontrollierten Studien (NRCTs) quantifiziert (Hind u. Burrows 2007; Nikander et al. 2010; Ishikawa et al. 2013).

Hind und Burrows (2007) analysierten in ihrer systematischen Übersicht, die 13 RCTs und 6 NRCTs einschloss, die Wirkung von gewichtstragenden Aktivitäten auf die Knochendichte oder den Knochenmineralgehalt von Oberschenkelhals, Lendenwirbelsäule und insgesamt. Die Dauer der Bewegungsinterventionen betrug zwischen 3 und 48 Monaten und beinhaltete verschiedene gewichtstragende Belastungsformen wie Sprungübungen, Ballspiele, Gymnastik, Ausdauertraining, Gewichtstraining und Zirkeltraining. Die verschiedenen Trainingsprogramme zeigten bei den Mädchen und Jungen nach 6-monatiger Intervention eine signifikante Verbesserung der Knochendichte des Oberschenkelhalses und der Lendenwirbelsäule im Ausmaß von 1–6% vor der Pubertät bzw. 0,3–2% während der Adoleszenz.

Die Meta-Analyse von Ishikawa et al. (2013) mit insgesamt 17 RCTs und NRCTs untersuchte dieselbe Fragestellung bei präpubertären, frühpubertären und pubertären Mädchen. Es fand sich ein kleiner, aber signifikanter Nutzen von gewichtstragenden Belastungsformen auf den Knochenmineralgehalt und die Knochendichte der Lendenwirbelsäule (Effektstärke [ES] 0,19; 95%-CI 0,05–0,33) und gesamt (ES 0,23; 95%-CI 0,10–0,36) sowie auf den Knochenmineralgehalt des Oberschenkelhalses (ES 0,23; 95%-CI 0,10–0,36). Unter den vordefinierten Moderatorvariablen

hatte nur die Häufigkeit des Trainings einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis. Gewichtstragende Belastungen, die >3-mal pro Woche durchgeführt wurden, resultierten im Vergleich mit ≤3-mal wöchentlich durchgeführten Trainingsprogrammen in einer signifikant stärkeren Verbesserung der Knochendichte der Lendenwirbelsäule.

Nikander et al. (2010) untersuchten in ihrer Meta-Analyse die Auswirkungen von gezielten Bewegungsinterventionen (gewichtstragende Belastungen, Krafttraining, Ausdauertraining, Kombination dieser Typen) mit einer Interventionsdauer von ≥6 Monaten auf die mittels quantitativer Computertomographie oder Magnetresonanztomographie bestimmte Knochenfestigkeit im Lebensverlauf. Ihre Analyse inkludierte 10 RCTs, wovon fünf prä- oder frühpubertäre Kinder und/oder Adoleszente betrafen. Die verschiedenen Trainingsinterventionen hatten einen kleinen, aber signifikanten Effekt auf die Knochenstärke der unteren Extremitäten von prä- und frühpubertären Knaben (ES 0,17; 95%-CI 0,02–0,32), jedoch nicht auf die Knochenstärke von pubertären und adoleszenten Mädchen sowie adoleszenten Jungen.

Die Ergebnisse dieser Analysen sprechen dafür, dass gewichtstragende Belastungsformen und zielgerichtete Trainingsinterventionen vor allem die Knochendichte und -festigkeit während der frühen Pubertät erhöhen können. Wie das ideale Trainingsprogramm zu Optimierung der Knochenstärke aussieht, lässt sich auf Basis dieser Interventionen nicht eindeutig beantworten.

2.6.2 Knochenstärkende Effekte bei prämenopausalen Frauen und erwachsenen Männern

Die Wirksamkeit von Bewegungsintervention bei prämenopausalen Frauen sowie erwachsenen Männern auf die Knochendichte, den Knochenmineralgehalt oder die Knochenfestigkeit wurde in mehreren Meta-Analysen von RCTs und NRCTs untersucht (Kelley u. Kelley 2000, 2001, 2004; Martyn-St James u. Carroll 2010; Nikander et al. 2010).

Bei prämenopausalen Frauen zeigten diese Analysen, dass mit Krafttraining und mit „High-impact“-Trainingsformen allein oder in Kombination eine Steigerung der Knochendichte der Lendenwirbelsäule und des Oberschenkelhalses im Ausmaß von 1–2% erzielt werden konnte. Dabei schien hoch-intensives Krafttraining effektiver für die Verbesserung der vertebrealen Knochendichte zu sein, während „High-impact“-Training in größeren Verbesserungen der Knochendichte des Oberschenkelhalses resultierte (Kelley u. Kelley 2001, 2004; Martyn-St James u. Carroll 2010).

Für Männer liegen bisher kaum randomisierte Interventionsstudien vor. Kelly und Kelly kombinierten die Ergebnisse von zwei RCTs und sechs NRCTs mit insgesamt 225 Studienteilnehmern (40,9 Jahre ± 17,5) und fanden für die Trainingsgruppen eine Verbesserung der Knochendichte im Ausmaß von 2,1% als Folge der seitenspezifischen Trainingsbelastung. Statistisch signifikante Effektgrößen wurden aber nur für Männer >31 Jahren gefunden. Die Verbesserungen betrafen die Knochendichte von Oberschenkelhals, Lendenwirbelsäule und Calcaneum (Kelley u. Kelley 2000).

Für die Abschätzung der Verbesserung der Knochenfestigkeit im Erwachsenenalter liegt nur ein RCT mit 120 Frauen (Lebensalter: 30–40 Jahre) vor, in dem die Effekte eines 12-monatigen progressiven „High-impact“-Trainingsprogramms (3-mal pro Woche mit zusätzlichem Heimtraining) untersucht wurden. Die Beurteilung der Knochengeometrie erfolgte mittels quantitativer Computertomographie an der Femurmitte, proximalen und distalen Tibia. Die Trainingsgruppe zeigte im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikante, wenn auch geringfügige Zunahme des Knochenumfangs um 0,2% (P=0,033) an der Femurmitte. Die Knochenstärke der proximalen Tibia und des Oberschenkelhalses blieb unverändert. Die Anzahl und die Intensität

der Trainingseinheiten während der 12-monatigen Interventionsphase waren die wichtigsten Prädiktoren für Veränderungen der Knochengeometrie und erklärten mehr als ein Drittel der Veränderungen (Vainionpää et al. 2007).

Die verschiedenen Analysen zeigen, dass bei prämenopausalen Frauen und Männern, die älter als 30 Jahre sind, mit intensivem Krafttraining und „High-impact“-Belastungsformen eine Steigerung der Knochendichte der Lendenwirbelsäule und des Oberschenkelhalses in der Größenordnung von 1–2% möglich erscheint. Ob durch gezielte Bewegungsinterventionen die Knochendichte und -festigkeit auch bei jüngeren Männern günstig beeinflusst werden kann, lässt sich aufgrund des Mangels an randomisierten Studien derzeit nicht beantworten.

2.6.3 Knochenstärkende Effekte bei postmenopausalen Frauen und älteren Männern

Die Wirksamkeit von verschiedenen Bewegungsinterventionen bei postmenopausalen Frauen sowie Männern höheren Lebensalters auf die Knochendichte, den Knochenmineralgehalt oder die Knochenfestigkeit wurde in mehreren Meta-Analysen von RCTs und NRCTs quantifiziert (Kelley u. Kelley 2006; Martyn-St James u. Carroll 2006, 2008; Nikander et al. 2010; Howe et al. 2011).

Martyn-St James und Carroll (2006) untersuchten in einer Meta-Analyse mit 14 RCTs die Wirksamkeit von hoch-intensivem Krafttraining auf die Knochendichte bei postmenopausalen Frauen. In ihrer Analyse fanden sich eine signifikante Erhöhung der Knochendichte der Lendenwirbelsäule um $0,006 \text{ g/cm}^2$ (95%-CI $0,002\text{--}0,011$) und eine Erhöhung der Knochendichte des Oberschenkelhalses ($0,010 \text{ g/cm}^2$; 95%-CI $-0,002\text{--}0,021$), die aber nicht signifikant war ($P=0,11$).

In einer weiteren Meta-Analyse mit fünf RCTs und drei NRCTs (insgesamt 427 menopausale Frauen) evaluierten dieselben Autoren die Wirkung von Walking-Programmen auf die Knochendichte der Hüfte und Wirbelsäule (Martyn-St-James u. Carroll 2008). Die Dauer der Gehintervention reichte von 6 Monaten bis zu 2 Jahren. Die Analyse zeigte keinen positiven Effekt auf die Knochendichte der Lendenwirbelsäule, aber eine signifikante Zunahme der Knochendichte des Oberschenkelhalses um $0,014 \text{ g/cm}^2$ (95%-CI $0,000\text{--}0,028$; $P=0,05$).

In einem umfassenden Cochrane-Review mit 43 RCTs wurde die Wirksamkeit von unterschiedlichen Trainingsinterventionen auf die Knochendichte und die Häufigkeit von Frakturen bei insgesamt 4320 postmenopausalen Frauen (45–70 Jahre) analysiert (Howe et al. 2011). Die Dauer der Bewegungsintervention betrug in 10 Studien <12 Monate, in 26 Studien 12 Monate und in 7 Studien >12 Monate, die Trainingshäufigkeit lag in den meisten Studien bei 2- bis 3-mal pro Woche. Im Vergleich mit den Kontrollgruppen zeigten sich in den Trainingsgruppen relativ kleine, aber statistisch signifikante Effekte auf die Knochendichte. Die Interventionen mit der besten Wirksamkeit auf die Knochendichte des Oberschenkelhalses (+1%) waren nichtgewichtstragende Trainingsformen mit hohem Kraftaufwand, z.B. progressives Krafttraining für die unteren Extremitäten (Mittlere Differenz [MD] $1,03$; 95%-CI $0,24\text{--}1,82$). Die effektivsten Trainingsformen für die Verbesserung der Knochendichte der Wirbelsäule (+3,2%) waren kombinierte Programme aus z.B. Krafttraining und intensiven gewichtstragenden Trainingsformen wie Laufen oder Springen (MD $3,22$; 95%-CI $1,80\text{--}4,64$). Gewichtstragende Trainingsformen mit niedrigem Krafteinsatz, z.B. Walkingprogramme, konnten die Knochendichte der Wirbelsäule geringfügig steigern (+0,9%) (MD $0,87$; 95%-CI $0,26\text{--}1,48$), nicht aber die des Oberschenkelhalses. Nichtgewichtstragende Trainingsformen mit niedrigem Krafteinsatz, z.B. Kraftausdauertraining, zeigten keine seitenspezifischen positiven Effekte auf die Knochendichte. Die verschiedenen Bewegungsinterventionen hatten aber keinen positiven Einfluss auf die Frakturhäufigkeit. Das

Frakturrisiko in den Trainingsgruppen unterschied sich nicht von dem in den Kontrollgruppen (Odds Ratio [OR] 0,61; 95%-CI 0,23–1,64).

Auch was die Knochenfestigkeit insgesamt betrifft, zeigte die Meta-Analyse von Nikander et al. mit 10 RCTs bei postmenopausalen Frauen keinen signifikanten Gesamt- oder seitenspezifischen Effekt als Folge der Trainingsintervention (Nikander et al. 2010).

Zu den Auswirkungen körperlichen Trainings auf die Knochendichte bei Männern mittleren und höheren Lebensalters konnte nur ein RCT mit 180 Männern (Lebensalter: 50–79 Jahre) identifiziert werden (Kukuljan et al. 2009). Ein 12-monatiges, dreimal wöchentlich durchgeführtes kombiniertes Trainingsprogramm aus hochintensivem Krafttraining und gewichtstragenden Trainingsformen mit mäßigem Kraftaufwand resultierte in einer signifikanten Zunahme der Knochendichte des Oberschenkelhalses um 2% ($P < 0,001$) sowie in einer Zunahme der Knochendichte der Lendenwirbelsäule um 1,5% ($P < 0,01$).

Die zusammengefassten Ergebnisse der Meta-Analysen sprechen dafür, dass auch bei postmenopausalen Frauen und Männern höheren Lebensalters durch intensives Krafttraining und/oder intensive gewichtstragende Trainingsformen eine Erhöhung der Knochendichte der Lendenwirbelsäule und des Oberschenkelhalses um 1–2% möglich ist. Gewichtstragende Trainingsformen mit niedrigem Krafteinsatz (z.B. Walkingprogramme) bzw. nichtgewichtstragende Trainingsformen mit niedrigem Krafteinsatz (z.B. Kraftausdauertraining) konnten die Knochendichte nur geringfügig steigern bzw. blieben wirkungslos. Die Frakturhäufigkeit konnte durch die Trainingsinterventionen nicht günstig beeinflusst werden.

2.7 Erhaltung der Mobilität im höheren Lebensalter

Die Altersgruppe der über 65-Jährigen ist mit einem relativen Anteil von 17,5% in der Europäischen Union das am schnellsten wachsende Bevölkerungssegment (European Commission 2014). Die Erhaltung der Mobilität und Unabhängigkeit dieses Bevölkerungssegmentes ist ein wichtiges Public-Health-Ziel, um die individuelle Lebensqualität zu bewahren und Kosten für die Gemeinschaft zu sparen (Guralnik et al. 1993). Mobilität ist die Fähigkeit, ohne fremde Hilfe gehen zu können, wobei eine Distanz von 400 Meter als guter Proxy für die Erhaltung der Unabhängigkeit gilt. Bei Bewältigung dieser Strecke ist es den meisten Senioren noch möglich, Einkäufe und andere Aktivitäten des täglichen Lebens ohne fremde Hilfe zu erledigen (ebd.). Eine verminderte Mobilität ist bei Senioren mit einem erhöhten Risiko der Morbidität, Hospitalisation, Behinderung und Sterblichkeit assoziiert (Hirvensalo et al. 2000; Newman et al. 2006; Koster et al. 2008).

Die Ergebnisse mehrerer Kohortenstudien sprechen dafür, dass regelmäßige körperliche Aktivität bei älteren Menschen mit einem verminderten Risiko einer Mobilitätseinschränkung verknüpft ist (Hirvensalo et al. 2000; Newman et al. 2006; Koster et al. 2008). In einer finnischen Kohortenstudie mit 1109 Senioren (65–84 Jahre) war die Einschränkung der Mobilität ein guter Prädiktor für den Verlust der Unabhängigkeit und für die Mortalität (Hirvensalo et al. 2000). In einer US-amerikanischen Kohortenstudie mit 3075 Senioren (70–79 Jahre) war das Unvermögen, den 400-Meter-Gehtest zu vollenden, mit einem erhöhten Risiko einer Mobilitätseinschränkung (Hazard Rate [HR] 1,86; 95%-CI 1,58–2,18) und eines kompletten Mobilitätsverlustes (HR 1,95; 95%-CI 1,37–1,70) sowie mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko verbunden (Newman et al. 2006).

Die „Lifestyle Interventions and Independence for Elders Study“ (LIFE-Study) ist aber die erste große randomisierte Studie, die die Wirksamkeit einer längerfristigen strukturierten Bewegungsintervention auf die Mobilität bei alten Menschen untersucht hat (Pahor et al. 2014). Für die an acht US-Zentren durchgeführte Studie wurden insgesamt 1635 Senioren (67% Frauen) im

Alter von 70–89 Jahren rekrutiert. Alle Studienteilnehmer hatten deutliche Einschränkungen an den unteren Extremitäten, waren aber noch in der Lage, 400 Meter am Stück zu gehen. Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen randomisiert, wobei die erste Gruppe zweimal pro Woche an den jeweiligen Studienzentren ein überwachtes Bewegungsprogramm absolvierte, das aus 150 Minuten pro Woche Gehen, 10 Minuten Krafttraining für die unteren Extremitäten sowie 10 Minuten Dehn- und Gleichgewichtsübungen bestand. Die Teilnehmer wurden angehalten, auch zu Hause 3- bis 4-mal pro Woche die Übungen durchzuführen. Die Vergleichsgruppe nahm lediglich an (zunächst) wöchentlichen (später monatlichen) Fortbildungen zum Thema „Gesundes Altern“ teil. Primärer Endpunkt war eine schwerwiegende Mobilitätseinschränkung, definiert als die Unfähigkeit, 400 Meter ohne Pause innerhalb von 15 Minuten zurückzulegen. Die minimal geplante Interventionsdauer war zwei Jahre, die durchschnittliche Dauer des Follow-up betrug 2,6 Jahre. Die Teilnehmer der Trainingsgruppe bewegten sich durchschnittlich um 105 Minuten pro Woche mehr als die Teilnehmer der Vergleichsgruppe (218 min/Woche vs. 115 min/Woche). Der primäre Endpunkt „Schwerwiegende Mobilitätseinschränkung“ trat bei 246 Teilnehmern (30,1%) der Trainingsgruppe und bei 290 Teilnehmern (35,5%) der Vergleichsgruppe ein (HR 0,82; 95%-CI 0,69–0,98, $P=0,03$), eine persistente Mobilitätseinschränkung – definiert als das mehrfache Scheitern im 400-Meter-Gehtest – bei 120 Teilnehmern (14,7%) der Sportgruppe und 162 Teilnehmern (19,8%) der Vergleichsgruppe (HR 0,72; 95%-CI 0,57–0,91, $P=0,006$). Die zweijährige Bewegungsintervention konnte aber die Mortalität nicht günstig beeinflussen (HR 1,14; 95% CI 0,76–1,71), und auch die Hospitalisierungsrate war in der Trainingsgruppe etwas höher (HR 1,10; 0,99–1,22). Die Gründe dafür sind nicht bekannt.

Die Ergebnisse dieser randomisierten Multicenterstudie zeigten, dass ein strukturiertes Bewegungsprogramm das Risiko einer Mobilitätseinschränkung vermindern kann, eine zweijährige Intervention vermutlich aber noch nicht ausreicht, um auch die Mortalität günstig zu beeinflussen.

Literatur

- Besson H, Ekelund U, Luan J, May AM, Sharp S, Travier N et al. (2009) A cross-sectional analysis of physical activity and obesity indicators in European participants of the EPIC-PANACEA study. *Int J Obes* 33: 497–506
- Cardona-Morell M, Rychetnik L, Morell SL, Espinel T, Bauman A (2010) Reduction of diabetes risk in routine clinical practice: are physical activity and nutrition interventions feasible and are the outcomes from reference trials replicable? A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health* 10: 653
- Elmadfa I et al. (2012) Österreichischer Ernährungsbericht 2012. Wien
- Engberg S, Glumer C, Witte D, Jurgensen T, Borch-Johnsen K (2009) Differential relationship between physical activity and progression to diabetes by glucose tolerance status: the Inter 99 Study. *Diabetologia* 53: 70–78
- Folgehjelm M, Kukkonen-Harjula K (2000) Does physical activity prevent weight gain? – a systematic review. *Obesity Reviews* 1: 95–111
- Giovannucci EL, Liu Y, Leitzman MF, Stampfer MJ, Willett WC (2005) A prospective study of physical activity and incident of fatal prostate risk. *Arch Intern Med* 165: 1005–1010
- Goldstein LB, Adams R, Alberts MJ, et al. (2006) Primary prevention of ischemic stroke: A guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Council: Cosponsored by the Artherosclerotic Peripheral Vascular Disease Interdisciplinary Working Group; Cardiovascular Nursing Council; Clinical Cardiology Council; Nutrition, Physical Activity, and Metabolism Council; and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group. *Stroke* 37: 1583–1633
- Griffith JF, Genant HK (2008) Bone mass and architecture determination: state of the art. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 22: 737–764
- Grøntved A, Hu FB (2011) Television viewing and risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a meta-analysis. *JAMA* 305: 2448–2455
- Guralnik JM, La Croix AZ, Abbott RD et al. (1993) Maintaining mobility in late life. *Am J Epidemiol* 137: 845–857
- Helmrich SP, Ragland DR, Leung RW, Paffenbarger RS Jr (1991) Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 325: 147–152

- Hirvensalo M, Rantanen T, Heikkinen E (2000) Mobility difficulties and physical activity as predictors of mortality and loss of independence in the community-living older population. *J Am Geriatr Soc* 48: 493–498
- Howe TE, Shea B, Dawson LJ, Downie F, Murray A, Ross C, Harbour RT, Caldwell LM, Creed G (2011) Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 7. Art. No.: CD000333
- Hu FB, Stampfer MJ, Colditz GA, Ascherio A, Rexrode KM, Willett WC, Manson JE (2000) Physical activity and risk of stroke in women. *JAMA* 283: 2961–2967
- Hu FB, Leitzmann MF, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC, Rimm EB (2001) Physical activity and television watching in relation to risk of type 2 diabetes mellitus in men. *Arch Intern Med* 161: 1542–1548
- Hu G, Qiao Q, Sivlentoinen K, Eriksson JG, Jousilahti P, Lindstrom J, Valle TT, Nissinen A, Tuomilehto J (2003) Occupational, commuting, and leisure-time physical activity in relation to risk for type 2 diabetes in middle aged Finnish men and women. *Diabetologia* 46: 322–329
- Ishikawa S, Kim Y, Kang M, Morgen DW (2013) Effects of weight-bearing exercise on bone health in girls: a meta-analysis. *Sports Med* 9: 875–892
- Jarvinen TL, Sievanen H, Jokihäärä J, Einhorn TA (2005) Revival of bone strength: the bottom line. *J Bone Miner Res* 20: 717–720
- Jimenez-Pavon D, Kelly J, Reilly JJ (2010) Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic review. *Int J Pediatr Obes* 5: 3–18
- Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Oden A, Melton LJ, Khaltav N (2008) A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone* 42: 467–475
- Kinmonth A, Wareham N, Hardeman W, Sutton S, Prevost T, Fanshawe T et al. (2008) Efficacy of a theory-based behavioural intervention to increase physical activity in an at-risk group in primary care (Pro Active UK): randomised trial. *Lancet* 371: 41–48
- Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al. (2002) Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 346: 393–403
- Kodama S, Kazumi S, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, Sugawara A, Totsuka K, Shimano H, Ohashi Y, Yamada N, Sone H (2009) Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women. A meta-analysis. *JAMA* 301: 2024–2035
- Koster A, Patel KV, Visser M, van Eijk JT, Kanaya AM, de Rekeneire N, Newman AB, Tykavsky FA, Kritchevsky SB, Harris TB; Health, Aging and Body Composition Study (2008) Joint effects of adiposity and physical activity on incident mobility limitation in older adults. *J Am Geriatr Soc* 56: 636–643
- Kruk J, Czerniak U (2013) Physical activity and its relation to cancer risk: updating the evidence. *Asian Pac J Cancer Prev* 14: 3993–4003
- Kukuljan S, Nowson CA, Bass SL, Sanders K, Nicholson GC, Seibel MJ et al. (2009) Effects of a multi-component exercise program and calcium-vitamin-D3-fortified milk on bone mineral density in older men: a randomised controlled trial. *Osteoporos Int* 7: 1241–1251
- Lahti J, Holstila A, Lahelma E, Rahkonen O (2014) Leisure-time physical activity and all-cause mortality *PLoS ONE* 9: e101548
- Lee CD, Folsom AR, Blair SN (2003) Physical activity and stroke risk. A meta-analysis. *Stroke* 34: 2475–2482
- Leon CY, Lokken RP, Hu FB, von Dom RM (2007) Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Care* 30: 744–752
- Li J, Siegrist J (2012) Physical activity and risk of cardiovascular disease – a meta-analysis of prospective cohort studies. *Int J Environ Res Public Health* 9: 391–407
- Löllgen H, Bockenhoff A, Knapp G (2009) Physical activity and all-cause mortality: an updated meta-analysis with different intensity categories. *Int J Sports Med* 30: 213–224
- Lusk AC, Mekary A, Feskanich D, Willett C (2010) Bicycle riding, walking, and weight gain in premenopausal women. *Arch Intern Med* 170: 1050–1056
- Lynch J, Helmrigh SP, Lakka TA, Kaplan GA, Cohen RD, Salonen R, Salonen JT (1996) Moderately intense physical activities and high levels of cardiorespiratory fitness reduce the risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in middle aged men. *Arch Intern Med* 156: 1307–1314
- Malwaki AM (2012) The effectiveness of physical activity in preventing type 2 diabetes in high risk individuals using well-structured interventions: a systematic review. *J Diabetology* 2: 1
- Manson JE, Nathan DM, Krolewski AS, Stampfer MJ, Willett WC, Hennekens CH (1992) A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians. *JAMA* 268: 63–67
- Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M, Lampert T (2013) Übergewicht und Adipositas in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl* 56: 786–794

- Monninkhof EM, Esias SG, Viems FA, van der Tweel I, Schuit AJ, Voskuil DW, van Leeuwen FE (2007) Physical activity and breast cancer: a systematic review. *Epidemiology* 18: 137–157
- Myint PK, Luben RN, Wareham NJ, Welch AA, Bingham SA, Day NE, Khaw K-T (2006) Combined work and leisure physical activity and risk of stroke in men and women in the European Prospective Investigation into Cancer–Norfolk Prospective Population Study. *Neuroepidemiology* 27: 122–129
- Newman AB, Simonsich EM, Naydeck BL et al. (2006) Association of long-distance corridor walk performance with mortality, cardiovascular disease, mobility limitation, and disability. *JAMA* 295: 2018–2026
- Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, Daly RM, Uusi-Rasi K, Kannus P (2010) Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC Medicine* 8: 47
- Nocon M, Hieman T, Muller-Riemenschneider F, Thalau F et al. (2008) Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 15: 239–246
- Pahor M, Guralnik JM, Ambrosius WT, Blair S, Bonds DE, Church TS et al.; LIFE study investigators (2014) Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFEstudy randomized clinical trial. *JAMA* 311: 2387–2396
- Pan XR, Li GW, Hu YH, Wang JX, Yang WY, An ZX et al. (1997) Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care* 20: 537–544
- Papaioannou A, Morin S, Cheung A, Atkinson S, Brown JP, Feldman S et al. (2010) Clinical practice guidelines for the diagnosis and management of osteoporosis in Canada: summary. *CMAJ* 182: 1829–1830
- Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S, Mukesh B, Bhaskar AD, Vijay V (2006) The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). *Diabetologia* 49: 289–297
- Rana JS, Li TY, Manson JE, Hu FB (2007) Adiposity compared with physical inactivity and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care* 30: 53–58
- Reimers CD, Knapp G, Reimers AK (2009) Exercise as stroke prophylaxis. *Dtsch Arztl Int* 106: 715–721
- Samitz G, Egger M, Zwahlen M (2011) Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 40: 1382–1400
- Sattelmair J, Pertman J, Ding EL, Kohl III HW, Haskell W, Lee I-M (2011) Dose response between physical activity and coronary heart disease: a meta-analysis. *Circulation* 124: 789–795
- Shiroma EJ, Sesso HD, Moorthy MV, Buring JE, Lee I-M (2014) Do moderate-intensity and vigorous-intensity physical activities reduce mortality rates to the same extent? *J Am Heart Assoc* 3: e000802
- Sofi F, Capalbo A, Cesari F et al. (2008) Physical activity during leisure time and primary prevention of coronary heart disease: an updated meta-analysis of cohort studies. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 15: 247–257
- Sun J-Y, Shi L, Gao X-D, Xu S-F (2012) Physical activity and risk of lung cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Asian Pac J Cancer Prev* 13: 3143–3147
- Talbot LA, Morell CH, Metter EJ, Flegl JL (2002) Comparison of cardiorespiratory fitness vs leisure time physical activity as predictors of coronary events in men aged ≤ 65 years and > 65 years. *Am J Cardiol* 89: 1187–1192
- Tuomilehto J, Lindstrom J, Erikssoon JG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P, et al. (2001) Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 344: 1343–1350
- US Department of Health and Human Services (2004) Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General. Rockville, MD, US Department of Health and Human Services, Office of the Surgeon General
- Vainionpää A, Korpeleinen R, Sievänen H, Vihriälä E et al. (2007) Effect of impact exercise and ist intensity on bone geometry of weight bearing tibia and femur. *Bone* 40: 604–611
- Villegas R, Shu X-O, Li H, Yang G, Matthews C, Leitzmann M, Li Q, Cai H, Gao Y-T, Zheng W (2006) Physical activity and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai women's health study. *Int J Epidemiol* 35: 1553–1562
- Voskuil DW, Monninkhof EM, Elias SG et al. (2007) Physical activity and endometrial cancer risk, a systematic review of current evidence. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 16: 639–648
- Wanner M, Götschi T, Martin-Diener E, Kahlmeier S, Martin BW (2012) Active transport, physical activity, and body weight in adults. A systematic review. *Am J Prev Med* 42: 493–502
- Wareham NJ, van Sluijs EMF, Ekelund U (2005) Physical activity and obesity prevention: a review of the current evidence. *Proceedings of the Nutrition Society* 64: 229–247
- Wen CP, Wai JP, Tsai MK, Yang YC, Cheng TYT, Lee M-C et al. (2011) Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet* 378: 1244–1253
- Wendel-Vos GCW, Schuit AJ, Feskens EJM, Boshuizen HC, Verschuren WMM, Saris WHM, Kromhout D (2004) Physical activity and stroke. A meta-analysis of observational data. *Int J Epidemiol* 33: 787–798

- Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H (2004) Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 27: 1047–1053
- Wilks DC, Sharp SJ, Ekelund U, Thompson SG, Mander PM, Turner RM, Jebb SA, Lindroos AK (2011) Objectively measured physical activity and fat mass in children: a bias-adjusted meta-analysis of prospective studies. *PLoS ONE* 6: e17205
- Williams PT (2001) Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 33: 754–761
- Wolin KY, Yan Y, Golditz GA, Lee I-M (2009) Physical activity and colon cancer prevention: a meta-analysis. *Br J Cancer* 100: 611–616
- Woodcock J, Franco OH, Orsini N, Roberts I (2011) Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 40: 121–138
- Wu Y, Zhang D, Kang S (2013) Physical activity and risk of breast cancer: a meta-analysis of prospective studies. *Breast Cancer Res Treat* 137: 869–882
- Yates T, Davies M, Gorely T, Bull F, Khunti K (2009) Effectiveness of a pragmatic education program designed to promote walking activity in individuals with impaired glucose tolerance: a randomised controlled trial. *Diabetes Care* 32: 1404–1410
- Yates T, Davies M, Gorely T, Bull F, Khunti K (2011) The Pre-diabetes Risk Education and Physical Activity Recommendation and Encouragement (PREPARE) programme study: are improvements in glucose regulation sustained at 2 years? *Diabetic Medicine* 28: 1268–1271
- Yates T, Haffner SM, Schulte PJ, Thomas L, Huffman KM, Bales CW, Califf RM, Holman RR, McMurray JJ, Bethel MA, Tuomilehto J, Davies MJ, Kraus WE (2014) Association between change in daily ambulatory activity and cardiovascular events in people with impaired glucose tolerance (NAVIGATOR trial): a cohort analysis. *Lancet* 383(9922): 1059–1066

Internetadressen

- Bundesamt für Statistik Schweiz – <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/14/02/05/key/01/02.html> (Zuletzt gesehen: September 2016)
- European Commission (2014) Bevölkerungsstruktur und Bevölkerungsalterung. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Population_structure_and_ageing/de
- Robert Koch-Institut – http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/gesundheitsdeterminanten/bmi_body_mass_index/index/index.htm (Zuletzt gesehen: September 2016)
- Statistik Austria – http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/krebserkrankungen/index.html (Zuletzt gesehen: September 2016)

Kompendium der Sportmedizin

Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie

Wonisch, M.; Hofmann, P.; Förster, H.; Hörtnagl, H.;

Ledl-Kurkowski, E.; Pokan, R. (Hrsg.)

2017, XXI, 548 S. 184 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-211-99715-4