

Krafttraining im Alter: Hintergründe, Ziele und Umsetzung

Lukas Zahner, Lars Donath, Oliver Faude, Micha Bopp

Departement für Sport, Bewegung und Gesundheit, Universität Basel

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten ist in den Industrienationen eine zunehmende gesellschaftliche Überalterung festzustellen. Die daraus resultierenden medizinischen Betreuungs- und Behandlungskosten führen zu einer enormen finanziellen Belastung des Gesundheitssystems. Die Zunahme altersspezifischer Erkrankungen und die altersbedingte Abnahme der neuromuskulären Leistungsfähigkeit sind Gründe für die erhöhte Pflegebedürftigkeit vieler älterer Menschen. Mit zunehmendem Alter ist ein Verlust an Skelettmuskelmasse und damit verbunden der Maximal- und Schnellkraft zu beobachten. Der Kraftverlust und eine verschlechterte statische und dynamische Haltungskontrolle führen zu erhöhter Sturzhäufigkeit mit oft schwerwiegenden Konsequenzen und dem Verlust an Autonomie und Lebensqualität. Durch ein kombiniertes Kraft- und Gleichgewichtstraining soll den altersbedingten Abbauprozessen entgegengewirkt und dadurch die Mobilität, Selbstständigkeit und Lebensqualität bis ins hohe Alter erhalten bleiben. Der Mensch ist bis ins höchste Alter trainierbar. Durch ein zielgerichtetes Krafttraining kann dem Verlust an Muskelmasse und der Reduktion von Maximal- und Schnellkraft entgegengewirkt werden. Ebenfalls zeigen Studienergebnisse, dass Krafttraining präventiv als auch therapeutisch bei Osteoporose, Diabetes Melitus Typ 2 und weiteren chronischen Krankheiten wirkt. Trainingsprogramme sollten primär körperlichen Defiziten älterer Menschen entgegenwirken. Die Reduktion der Sturzgefahr und der Erhalt der Selbstständigkeit bis ins höchste Alter gelten dabei als wichtigste Trainingsziele. Sturzunfälle von selbstständig lebenden 65- bis 97-jährigen können durch Kraft- und Gleichgewichtstraining um 15–50% verringert werden. Diese Zahlen verdeutlichen das hohe präventive Potenzial der Bewegungsförderung beim älteren Menschen.

Schlüsselwörter: Überalterung, erhöhte Sturzhäufigkeit, Kraftverlust, Krafttraining, Autonomie, Lebensqualität

Summary

In recent decades, increasingly greying societies have been noticed in industrialized nations. The rise in medical care necessary to manage the health of this aging population will ensue huge financial burdens on the healthcare system. The increase of age-specific diseases, compounded by declines in neuromuscular performance constitute two key reasons for a rise in the medical care of older people. Current scientific knowledge reveals that a consequence of aging is the loss of muscle mass and thus, a decrease in maximum and explosive strength. The strength loss and impaired static and dynamic postural control collectively lead to the increased frequency of falls, often leading to serious ramifications which are further augmented by the loss of autonomy and a decline in quality of life. A combined strength and balance training program is to counteract age-related degradation processes and thereby maintain mobility, autonomy and quality of life longer. Humans are able to engage in physical training lifelong. An age-appropriate strength training protocol can counteract the loss of muscle mass and the reduction of both maximum and explosive strength. Likewise, research indicates that strength training elicits preventive and therapeutic effects on osteoporosis, diabetes type 2 and other chronic diseases. Training programs should predominantly counteract the physical deficits of older people. Reducing the risk of falling and maintaining autonomy as long as possible are imperative training goals. The literature suggests that autonomous people aged 65 to 97 can reduce the frequency of falls by a range of 15–50% simply by executing strength and balance training regularly. These figures testify to the immense preventive potential of physical activity in older people.

Keywords: aging, increased frequency of falls, strength loss, strength training, autonomy, quality of life

Demographische Entwicklung

In den letzten Jahrzehnten ist in den Industrienationen eine stetig voranschreitende Überalterung der Gesellschaft zu beobachten [1]. Laut dem Bundesamt für Statistik betrug in der Schweiz der Anteil der Personen ab 65 Jahren im Jahr 1960 10.3%, während er 2013 bereits bei 17.6% lag [2]. Hochrechnungen zufolge steigt dieser Anteil bis ins Jahr 2060 auf 28.3% an [2]. Diese Entwicklung wird erhöhte Betreuungs- und Behandlungskosten älterer Menschen zur Folge haben [3]. Die Ursache für die erhöhte medizinische Betreuung im Alter liegt einerseits in der Zunahme altersspezifischer Erkrankungen und andererseits in der altersbedingten Abnahme der neuromuskulären Leistungsfähigkeit. Der Kraftverlust, als auch eine verschlechterte statische und dynamische Haltungskontrolle, führen zu erhöhter Sturzhäufigkeit im Alter [4, 5, 6]. Ein Sturz im Alter hat häufig schwerwiegende individuelle und medizinische Konsequenzen [3, 7] und kann zu Einschränkung der Autonomie und Lebensqualität führen [8]. Nach einer Schenkelhalsfraktur sind beispielsweise 26% der Gestürzten nach sechs Monaten vollständig pflegebedürftig oder sterben [9].

Kraftverlust im Alter

Unterschiedliche Studien gehen von einer Skelettmuskelmasnahmenabnahme (Sarkopenie) von 30% bis 50% zwischen dem 40. und 80. Lebensjahr aus [10, 11] (vgl. *Abb. 1*). Diese Verringerung der Skelettmuskelmasse resultiert in einem Rückgang der Maximal- und der Schnellkraft [12, 13]. Neuere Studien zeigen, dass dabei die Explosivkraft im Vergleich zur Maximalkraft stärker von Alterungsprozessen betroffen ist [14, 15]. In diesem Zusammenhang stellten Skelton und Kol-

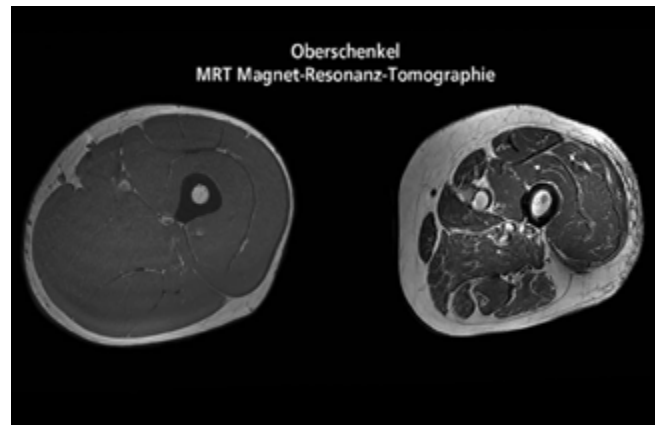


Abbildung 1: Vergleich des Oberschenkelquerschnitts eines 21-jährigen und eines 83-jährigen Mannes. (Quelle: bilddiagnostik.ch)

legen [13] fest, dass ab dem 65. Lebensjahr die Maximalkraft um jährlich etwa ein bis zwei Prozent und die Explosivkraft um jährlich ca. drei bis vier Prozent abnimmt (vgl. *Abb. 2*). Ebenfalls zeigten Studien, dass die unteren Extremitäten von der Sarkopenie sowie vom altersbedingten Krafterückgang besonders betroffen sind [16, 17, 18]. Grund dafür könnte unter anderem die verringerte körperliche Aktivität im Alter sein, da primär die Muskulatur der unteren Extremitäten für die Verrichtung von Alltagsaktivitäten benötigt wird. Ab dem 75. Altersjahr nimmt der Anteil der Personen, welche die Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegung (mind. 2.5 Stunden körperliche Aktivität pro Woche) nicht erfüllen, von 23.9% auf 44.8% zu [19]. Vor diesem Hintergrund wird die Wichtigkeit von Kraft- und Gleichgewichtstraining bzw. körperlicher Aktivität mit fortschreitendem Alter besonders deutlich.

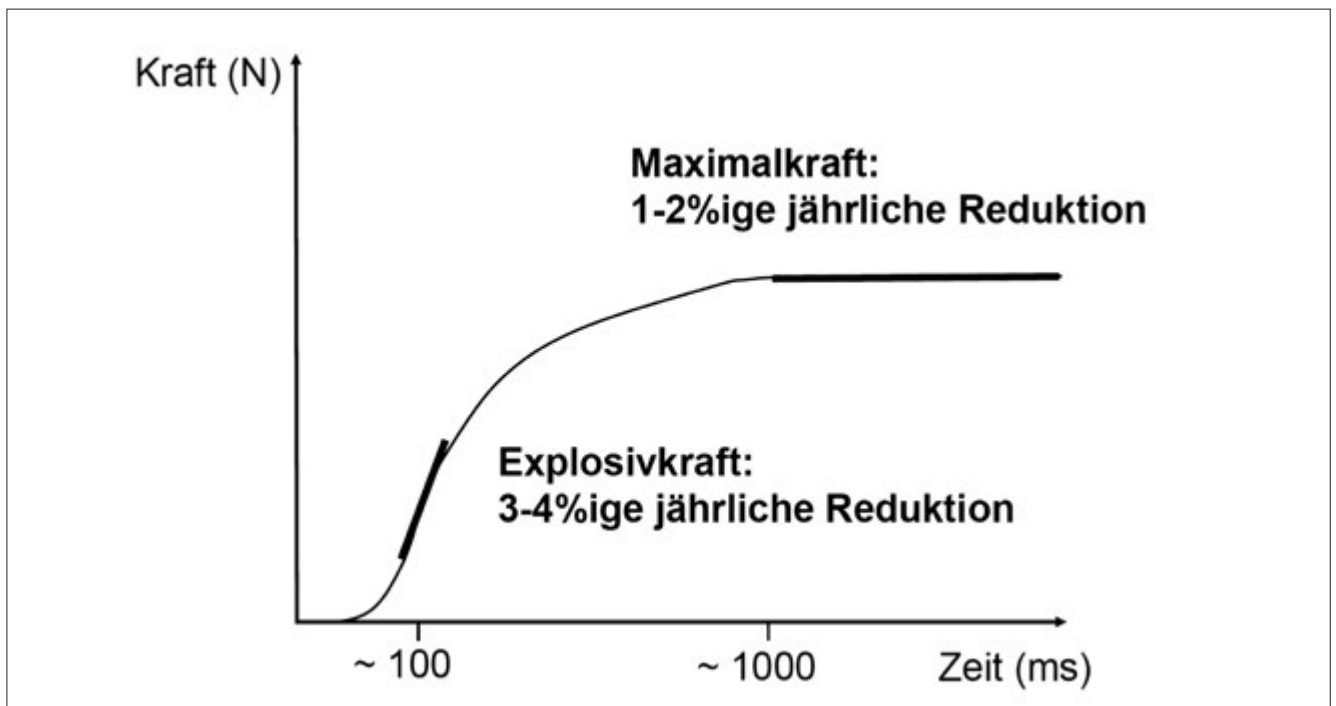


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Kraft-Zeit-Verlaufs. Dargestellt ist die ab dem 65. Lebensjahr einsetzende jährliche Reduktion der Maximalkraft und der Explosivkraft. In Anlehnung an Skelton et al. [13]. Gedruckt mit freundlicher Genehmigung aus: Granacher U., Gollhofer A. (2005): The impact of aging on explosive force production and on postural reflexes. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 56 (3): 69.

Ziele des Krafttrainings im Alter

In den letzten Jahren wurde das gesundheitliche Potenzial von Krafttraining stärker erkannt. Das spiegelt sich auch in der Entwicklung der Fitnessbranche wider. Viele Fitnesscenter wurden zu Gesundheits- und Wellnesscentern und richten mittlerweile ihr Angebot gesundheitsorientierter aus. Auch die Bewegungsangebote für Seniorinnen und Senioren steigen [20, 21]. Krafttraining im Alter zielt neben dem Erhalt der allgemeinen Gesundheit und Lebensqualität auf die Entwicklung der Muskelmasse und -kraft ab. Neuere Studien betonen auch das Training der Explosivkraft im Sinne der Kraftentwicklungsfähigkeit [22]. Ein Mindestmass an Kraft ist erforderlich, um die Sturzwahrscheinlichkeit im Alter zu reduzieren und Mobilitätseinschränkungen vorzubeugen [4, 23, 24]. In diesem Zusammenhang konnten Manini et al. [25] zeigen, dass Frauen und Männer (73.6 +/- 2.85 Jahre alt) die bei einer isokinetischen Knieextension den Schwellenwert von unter 1.01 Nm/kg bzw. unter 1.13 Nm/kg nicht erreichen, mit grosser Wahrscheinlichkeit zukünftig Mobilitätseinschränkungen erfahren. Ein Schwellenwert von über 1.34 Nm/kg bei Frauen und 1.71 Nm/kg bei Männern deutete hingegen auf ein geringeres Risiko hin. Ziel eines Krafttrainings im Alter stellt somit in erster Linie die Erhaltung der Mobilität, Selbstständigkeit und der Lebensqualität dar.

Bedeutung und Wirkung von Krafttraining im Alter

Eine zunehmende Zahl von Studien konnte zeigen, dass auch ältere Menschen über eine trainingsbedingte morphologische sowie funktionelle Anpassungskapazität verfügen [26]. Muskelmassenzuwachs als auch eine Steigerung der Maximal- und Schnellkraft können durch ein zielgerichtetes Krafttraining (siehe Tab. 1 und 2) bis ins hohe Alter erreicht werden [27, 28, 29, 30]. Je nach Trainingsintervention (z.B. Studiendauer, Trainingshäufigkeit, Trainingsintensität, Trainingsmodus), Alter sowie Fitness- und Gesundheitszustand werden in Studien Kraftgewinne zwischen 10% bis 174% berichtet [31]. Einen beachtlichen Meilenstein bezüglich der Effekte von Krafttraining mit Senioren konnten Fiatarone et al. [32] mit ihrer Studie setzen. Sie zeigten, dass auch bei über 90-jährigen

Personen nach nur 2 Monaten Training durchschnittliche Kraftgewinne von 174%, Muskelquerschnittsflächenzunahmen von 11.7% und Anstiege der Gehgeschwindigkeit um 49% erzielt werden können. Die Studienteilnehmer führten an drei Tagen pro Woche drei Sets à 8 Wiederholungen mit 80% des One Repetition Maximums an einer Knieextensionsmaschine durch.

Die trainingsbedingten Kraftgewinne werden zu Beginn primär durch eine verbesserte intra- und intermuskuläre Koordination erreicht. Nach mehrwöchigem Training mit geeigneter Reizsetzung (siehe dazu Tabellen 1) wird zudem eine Muskelhypertrophie und eine Vermehrung der Satellitenzellen erreicht [33, 34].

Im Hinblick auf die Sturzprävention stellt sich neben der Steigerung der Maximal- und Schnellkraft zudem die Frage nach den Effekten von Krafttraining auf die posturale Kontrolle. Ein systematisches Review von Latham et al. [35] zeigt auf, dass die Studienergebnisse diesbezüglich widersprüchlich sind. Es ist davon auszugehen, dass Krafttraining nur vereinzelt Steuergrößen der posturalen Kontrolle (Reflektorische Hemmungsprozesse auf Rückenmarksebene) beeinflussen kann [36]. Ein kombiniertes Kraft- und Gleichgewichtstraining erscheint aus sturzpräventiver Sicht am effektivsten [22, 37, 38, 39]. Sturzunfälle von selbstständig lebenden 65- bis 97-Jährigen können durch Kraft- und Gleichgewichtstraining um 15–50% verringert werden [40].

Die positiven Wirkungen von Krafttraining im Alter gehen über die Aufrechterhaltung der Muskelmasse und -kraft hinaus. Auch in der Osteoporoseprävention wird dem Krafttraining ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Durch mechanische Beanspruchung des Knochens (z.B. durch Muskelkontraktionen) lassen sich die Knochendichte und der Knochenmineralgehalt positiv verändern und dadurch das Frakturrisiko reduzieren [41, 42, 43, 44].

Ebenfalls ist körperliche Aktivität und Krafttraining ein wichtiger Bestandteil in der Therapie und Rehabilitation von degenerativen Gelenkserkrankungen. Studien konnten positive Wirkungen von leichtem Krafttraining auf die Funktionalität, Mobilität und eine Reduktion von Schmerzen bei Arthrosepatienten darstellen [45, 46, 47].

Weiter konnte gezeigt werden, dass Krafttraining bei Typ-2-Diabetikern ähnliche Effekte bezüglich der Blutzuckereinstellung erzielt wie die Einnahme eines herkömmlichen oralen Antidiabetikas [48, 49, 50, 51].

Tabelle 1: Empfehlungen für die Gestaltung der Belastungsnormativa für das Maximalkrafttraining im Alter nach Zahner und Steiner [30]

Belastungsumfang	8–12 Wochen ca. 45–60 min pro Trainingseinheit 6–8 Übungen pro Trainingseinheit 3 Serien mit 8–12 Wiederholungen
Serienpause	Serienpause bzw. Pause zwischen den Übungen von 2–3 min
Belastungsfrequenz	2–3 Trainingseinheiten pro Woche
Belastungsintensität	70–80% des EWM Regulierung über die maximale Wiederholungszahl (8–12 EWM) oder: Regulierung über das subjektive Belastungsempfinden. Der Trainierende sollte auf einer Skala von 1–20 Belastungswerte zwischen 12–16 angeben. Prinzip der Progression über Wiederholungszahl- (8–12 Wdh.) und Lasterhöhung
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsame bis moderate Kontraktionsgeschwindigkeiten während der konzentrischen und exzentrischen Phase

Legende: min = Minuten; EWM = Einerwiederholungsmaximum; Wdh. = Wiederholungen

Ebenso lassen Studien vermuten, dass Krafttraining bei depressiven Senioren die Symptomatik günstig beeinflusst und sich positiv auf die Stimmungslage auswirkt [52, 53, 54]. Die Wirkungsebenen von Krafttraining im Alter sind also multidimensional und bei korrekter Umsetzung von weitreichender Bedeutung.

Krafttraining im Alter: Wie trainieren?

Im Hinblick auf die Erhaltung der Muskelmasse und Mobilität im Alter sollte der Fokus einerseits auf klassisches Hypertrophietraining gelegt werden. Entsprechend wird auch in den allgemeinen Bewegungsempfehlungen des American College of Sports Medicine [55] und der American Heart Association für über 65-jährige Erwachsene empfohlen, 8–10 Kraftübungen à 10–15 Wiederholungen an 2–3 Tagen pro Woche durchzuführen. Aus funktioneller und sturzpräventiver Sicht geht der Trend andererseits in Richtung Schnellkrafttraining. In Stolpersituationen ist die Fähigkeit, schnell Kraft zu entwickeln, bedeutsamer als möglichst hohe Kraftwerte zu erzielen. Studienergebnisse zufolge hat ein Krafttraining mit mittleren Lasten und explosiven Krafteinsätzen grössere Effekte auf die Explosivkraft und auf die Bewegungsqualität von Alltagsaktivitäten als traditionelle Krafttrainingsmethoden [56, 57, 58, 59]. Da die Explosivkraft im Alter schneller abnimmt als die Maximalkraft [13], sollte nach einem einführenden Maximalkrafttraining, bei dem die Bewegungsqualität und die Muskelmassenzunahme im Vordergrund steht, die Gewichtsbelastung reduziert und die Bewegungsgeschwindigkeit erhöht werden, damit die Übungen schnellkräftig durchgeführt werden können. Angaben zu den Belastungsnormativa eines Maximal- und Schnellkrafttrainings mit älteren Menschen ist den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen.

Das Krafttraining sollte dabei insbesondere auf die unteren Extremitäten abzielen, da diese stärker vom Kraftrückgang im Alter betroffen sind [16, 17, 18] und hinsichtlich der Mobilität und Selbstständigkeit von grösserer Bedeutung sind. Ein ganzheitliches Krafttraining sollte aber auch die Hauptmuskulgruppen im Oberkörper nicht vernachlässigen [55]. Sturzpräventive Bewegungsprogramme sollten, wie bereits beschrieben, immer Kraft- und Gleichgewichtsübungen verbinden, da durch diese Kombination viele intrinsische Sturzrisikofaktoren beeinflusst werden können.

Schlussbetrachtung

Die voranschreitende Überalterung der Gesellschaft und der damit verbundene erhöhte Bedarf an medizinischer Versorgung, unter anderem verursacht durch altersbedingte Krankheiten und Folgen der abnehmenden neuromuskulären Leistungsfähigkeit im Alter, stellen langfristig eine gesundheitspolitische Herausforderung dar. Die Erkenntnisse aus der Wissenschaft zeigen klar, dass gezieltes Krafttraining bis in hohe Alter Hypertrophie und einen Zuwachs an Maximal- und Schnellkraft bewirken kann. Krafttraining kann einer Vielzahl altersbedingter Krankheiten präventiv entgegenwirken und vermindert in Kombination mit gleichgewichtsschulenden Übungen die Sturzwahrscheinlichkeit. Die Effekte, welche durch Krafttraining erzielt werden können, verdeutlichen die Notwendigkeit von Muskeltraining im Alter. Um den negativen Auswirkungen des Alterns auf das neuromuskuläre System erfolgreich entgegenzuwirken und Stürzen und Folgekrankheiten vorzubeugen, braucht es deshalb spezifisch zugeschnittene Trainingsprogramme für ältere Menschen. Diese sollten sich primär an den Belastungsnormativa eines Maximal- und Schnellkrafttrainings orientieren und zusätzlich Gleichgewichtsübungen integrieren. Die Gesellschaft muss zukünftig stärker für das Thema Kraft- und Gleichgewichtstraining im Alter sensibilisiert werden. Geeignete Implementierungsmassnahmen sollten zusammen mit Gesundheitsorganisationen (Fitnesscenter, Vereine, Krankenkassen) entwickelt werden, um einerseits infrastrukturelle Voraussetzungen für Krafttraining zu etablieren und andererseits Trainingssituationen mit Alltagssituationen zu verbinden. Neben angeleiteten Trainings in Fitness- und Gesundheitscentren, können zusätzliche Belastungen im Alltag arrangiert werden (z. B. 2-stufiges Treppensteigen [60]). Die Motivation zum Training des älteren Menschen kann allenfalls durch die Integration von Kindern in Trainingssituationen wesentlich gesteigert werden und ist auch aus funktioneller Sicht sinnvoll (Entwicklung bzw. Erhaltung der Kraft und Gleichgewichtsfähigkeit) [61].

Weiterführende Medien

Printmedien (Fachbuch und Taschenbuch) und DVD «Kräftig altern» erhältlich unter www.kraeftig-altern.ch

Tabelle 2: Empfehlungen für die Gestaltung der Belastungsnormativa für das Schnellkrafttraining im Alter nach Zahner und Steiner [30]

Belastungsumfang	6–12 Wochen ca. 45 bis 60 min pro Trainingseinheit 6–8 Übungen pro Trainingseinheit 3 Serien mit 8–10 Wiederholungen
Serienpause	Serienpause bzw. Pause zwischen den Übungen von 1–2 min
Belastungsfrequenz	2–3 Trainingseinheiten pro Woche
Belastungsintensität	20–70% des EWM am wirksamsten 70% hinsichtlich Variablen der Schnellkraft und 20% hinsichtlich Variablen der posturalen Kontrolle Regulierung über die maximale Wiederholungszahl (8–10 EWM) oder: Regulierung über das subjektive Belastungsempfinden. Der Trainierende sollte auf einer Skala von 1–20 Belastungswerte zwischen 10–13 angeben. Prinzip der Progression über Wiederholungszahl- (8–10 Wdh.) und Lasterhöhung
Kontraktionsgeschwindigkeit	schnelle und explosive Kontraktionsgeschwindigkeiten während der konzentrischen Phase, moderate Kontraktionsgeschwindigkeiten während der exzentrischen Phase

min = Minuten; EWM = Einerwiederholungsmaximum; Wdh. = Wiederholungen

Korrespondenzadresse:

Lukas Zahner, Prof. Dr., Universität Basel,
 Departement für Sport, Bewegung und Gesundheit,
 Bereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft,
 Birsstrasse 320B, 4052 Basel Schweiz,
 Telefon +41 61 377 87 37, E-Mail: lukas.zahner@unibas.ch

Literaturverzeichnis

- Eisenmenger M., Pötzsch O., Sommer B. (2006): 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung: Annahmen und Ergebnisse. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2006.
- Bundesamt für Statistik, Schweiz (2014): Die Bevölkerung der Schweiz 2013. Neuchâtel, 2014.
- Rubenstein L.Z. (2006): Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing* 35 (2): ii37–ii41.
- Pijnappels M., van der Burg P.J., Reeves N.D., van Dieën J.H. (2008): Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *Eur. J. Appl. Physiol.* 102 (5): 585–592.
- Era P., Sainio P., Koskinen S., Haavisto P., Vaara M., Aromaa A. (2006): Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology* 52 (4): 204–213.
- Hausdorff J.M., Rios D.A., Edelberg H.K. (2001): Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 82 (8): 1050–1056.
- Kannus P., Parkkari J., Koskinen S., Niemi S., Palvanen M., Jarvinen M., et al. (1999): Fall-induced injuries and deaths among older adults. *JAMA* 281: 1895–1899.
- Marottoli R.A., Berkman L.F., Cooney L.M. (1992): Decline in physical function following hip fracture. *J. Am. Geriatr. Soc.* 40: 861–866.
- Hannan E.L., Magaziner J., Wang J.J., Eastwood E.A., Silberzweig S.B., Gilbert M., et al. (2001): Mortality and Locomotion 6 Month After Hospitalisation for Hip Fracture. Risk Factors and Risk-Adjusted Hospital Outcomes. *JAMA* 285 (21): 2736–2742.
- Lexell J., Taylor C.C., Sjöström M. (1988): What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J. Neurol. Sci.* 84 (2–3): 275–294.
- Akima H., Kano Y., Enomoto Y., Ishizu M., Okada M., Oishi Y., et al. (2001): Muscle function in 164 men and women aged 20–84 yr. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33 (2): 220–226.
- Mitchell W.K., Williams J., Atherton P., Larvin M., Lund J., Narici M. (2012): Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength: a quantitative review. *Front. Physiol.* 3: 260.
- Skelton D.A., Greig C.A., Davies J.M., Young A. (1994): Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age Ageing* 23 (5): 371–377.
- McNeil C.J., Vandervoort A.A., Rice C.L. (2007): Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. *J. Appl. Physiol.* 102 (5): 1962–1968.
- Thompson B.J., Conchola E.C., Palmer T.B., Stock M.S. (2014): Effects of aging on maximal and rapid velocity capacities of the leg extensors. *Exp. Geront.* 58: 128–131.
- Lynch N.A., Metter E.J., Lindle R.S., Fozard J.L., Tobin J.D., Roy T.A., et al. (1999): Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J. Appl. Physiol.* 86 (1): 188–194.
- Frontera W.R., Hughes V.A., Lutz K.J., Evans W.J. (1991): A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J. Appl. Physiol.* 71 (2): 644–650.
- Janssen I., Heymsfield S.B., Wang Z.M., Ross R. (2000): Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *J. Appl. Physiol.* 89 (1): 81–88.
- Lamprecht M., Fischer A., Stamm H.P. (2014): Observatorium Sport und Bewegung Schweiz. Magglingen: Bundesamt für Sport BASPO.
- Schweizerischer Fitness- und Gesundheitscenter Verband (SFGV) (2011): Branchenreport 2011. Bern, 2011.
- Albers T. (2002): Arzt im Fitness-Studio. *Dtsch. Z. Sportmed.* 53 (5): 141–148.
- Granacher U., Muehlbauer T., Zahner L., Gollhofer A., Kressig R.W. (2011): Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Med.* 41 (5): 377–400.
- Bean J.F., Kiely D.K., Herman S., Leveille S.G., Mizer K., Frontera W.R., et al. (2002): The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J. Am. Geriatr. Soc.* 50 (3): 461–467.
- Puthoff M.L., Nielsen D.H. (2007): Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys. Ther.* 87 (10): 1334–1347.
- Manini T.M., Visser M., Won-Park S., Patel K.V., Strotmeyer E.S., Chen H., et al. (2007): Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. *J. Am. Geriatr. Soc.* 55 (3): 451–457.
- Vandervoort A.A. (2002): Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve* 25 (1): 17–25.
- Macaluso A., De Vito G. (2004): Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur. J. Appl. Physiol.* 91 (4): 450–472.
- Granacher U., Gruber M., Gollhofer A. (2009): Resistance training and neuromuscular performance in seniors. *Int. J. Sports Med.* 30 (9): 652–657.
- Holviaia J.H., Sallinen J.M., Kraemer W.J., Alen M.J., Häkkinen K.K. (2006): Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. *J. Strength Cond. Res.* 20 (2): 336–344.
- Newton R.U., Häkkinen K., Häkkinen A., McCormick M., Volek J., Kraemer W.J. (2002): Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34 (8): 1367–1375.
- Zahner L., Steiner, R. (2013). *Kräftig altern – Fachhandbuch: Die positiven Effekte von Muskeltraining in der 3. Lebensphase.* Health an Beauty Business Media GmbH, Karlsruhe, 3. Auflage.
- Fiatarone M.A., Marks E.C., Ryan N.D., Meredith C.N., Lipsitz L.A., Evans W.J. (1990): High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 263 (22): 3029–3034.
- Cho C.Y., Kamen G. (1998): Detecting balance deficits in frequent fallers using clinical and quantitative evaluation tools. *J. Am. Geriatr. Soc.* 46: 426–430.
- Toole T., Hirsch M.A., Forkink A., Lehman D.A., Maitland C.G. (2000): The effects of a balance and strength training program on equilibrium in Parkinsonism: A preliminary study. *Neurorehabilitation* 14: 165–174.
- Latham N.K., Bennett D.A., Stretton C.M., Anderson C.S. (2004): Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J. Gerontol. Med. Sci.* 59 (1): 48–61.
- Gruber M., Taube W., Gollhofer A., Beck S., Amtage F., Schubert M. (2007): Training-specific adaptations of H- and stretch reflexes in human soleus muscle. *J. Mot. Behav.* 39 (1): 68–78.
- Lord S.R., Sherrington C., Menz H.B. (2007): *Falls in older people: Risk factors and strategies for prevention.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Granacher U., Wick C., Rueck N., Esposito C., Roth R., Zahner L. (2011): Promoting balance and strength in the middle-aged workforce. *Int. J. Sports Med.* 32 (1): 35–44.
- Ballard, J.E., McFarland C., Wallace L.S., Holiday D.B., Roberson G. (2004): The effect of 15 weeks of exercise on balance, leg strength, and reduction in falls in 40 women aged 65 to 89 years. *J. Am. Med. Assoc.* 291 (4): 255–261.
- Gillespie L.D., Robertson M.C., Gillespie W.J., Lamb S.E., Gates S., Cumming R.G., et al. (2009): Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane database of systematic reviews* (Online), CD007146.
- Wolff I., van Croonenborg J.J., Kemper H.C., Kostense P.J., Twisk J.W. (1999): The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos. Int.* 9: 1–12.
- Liu-Ambrose T.Y., Khan K.M., Eng J.J., Heinonen A., McKay H.A. (2004): Both resistance and agility training increase cortical bone density in 75- to 85-year-old women with low bone mass: a 6-month randomized controlled trial. *J. Clin. Densitom.* 7: 390–398.
- Suominen H. (2006). Muscle training for bone strength. *Aging Clin. Exp. Res.* 18: 85–93.
- Paillard T. (2014): Exercise and bone mineral density in old subjects: theoretical and practical implications. *Geriatr. Psychol. Neuropsychiatr. Vieil.* 12 (3): 267–273.
- Ettinger W.H., Afable R.F. (1994): Physical disability from knee osteoarthritis: the role of exercise as an intervention. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26 (12): 1435–1440.
- Ettinger W.H., Burns R., Messier S.P., Applegate W., Rejeski W.J., Morgan T., et al. (1997): A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with

- knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). *JAMA* 277 (1): 25–31.
47. Baker K.R., Nelson M.E., Felson D.T., Layne J.E., Sarno R., Roubenoff R. (2001): The efficacy of home based progressive strength training in older adults with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J. Rheumatol.* 28 (7): 1655–1665.
 48. Dunstan D.W., Daly R.M., Owen N., Jolley D., De Courten M., Shaw J., et al. (2002): High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25 (10): 1729–1736.
 49. Castaneda C., Layne J.E., Munoz-Orians L., Gordon P.L., Walsmith J., Foldvari M., et al. (2002): A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25 (12): 2335–2341.
 50. Sigal R.J., Kenny G.P., Boule N.G., Wells G.A., Prud'homme D., Fortier M., et al. (2007): Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann. Intern. Med.* 147 (6): 357–369.
 51. Naci H., Ioannidis J.P. (2013): Comparative effectiveness of exercise and drug interventions on mortality outcomes: metaepidemiological study. *BMJ* 347: 1–14.
 52. North T.C., McCullagh P., Tran Z.V. (1990): Effect of exercise on depression. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 18: 379–415.
 53. Dunn A., Trivedi M., O'Neal H. (2001): Physical activity dose-response effects on outcomes of depression and anxiety. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33 (6): 587–597.
 54. Arent S., Landers D., Etnier J. (2000): The effects of exercise on mood in older adults: A meta-analytic review. *J. Aging Phys. Act.* 8 (4): 407.
 55. American college of sports medicine (ACSM). Gabe CE., writing group chairmen (2011). Position Stand: Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43 (7): 1334–1359.
 56. Miszko T.A., Cress M.E., Slade J.M., Covey C.J., Agrawal S.K., Doerr C.E. (2003): Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 58 (2): 171–175.
 57. Bottaro M., Machado S.N., Nogueira W., Scales R., Veloso J. (2007): Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 99 (3): 257–264.
 58. Hazell T., Kenno K., Jakobi J. (2007): Functional benefit of power training for older adults. *J. Aging Phys. Act.* 15 (3): 349–359.
 59. Sayers S.P. (2007): High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J. Strength Cond. Res.* 21 (2): 518–526.
 60. Donath L., Faude O., Roth R., Zahner L. (2014): Effects of stair-climbing on balance, gait, strength, resting heart rate, and submaximal endurance in healthy seniors. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 24 (2): 93–101.
 61. Granacher U., Muehlbauer T., Gollhofer A., Kressig R.W., Zahner L. (2011): An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention – a mini-review. *Gerontology* 57(4): 304–315.
-