



Bewegt euch!

Trainingsempfehlungen für ältere Personen

Teil 1: Training als Hebel für
Gesundheit



Hintergrund (1/2)



Die Weltbevölkerung wird immer älter. Wir erleben einen demografischen Wandel, der weitreichende Auswirkungen auf das Gesundheitswesen und damit auch auf die Versorgung älterer Menschen hat. Mit einer voraussichtlichen Verdopplung der > 65-Jährigen und einer Verdreifachung der > 80-Jährigen bis 2050 steht auch die Physiotherapie vor der dringenden Aufgabe, evidenzbasierte Strategien zu entwickeln, um Gesundheit, Mobilität und Lebensqualität älterer Patienten zu fördern und den damit einhergehenden Herausforderungen gerecht zu werden. (1)

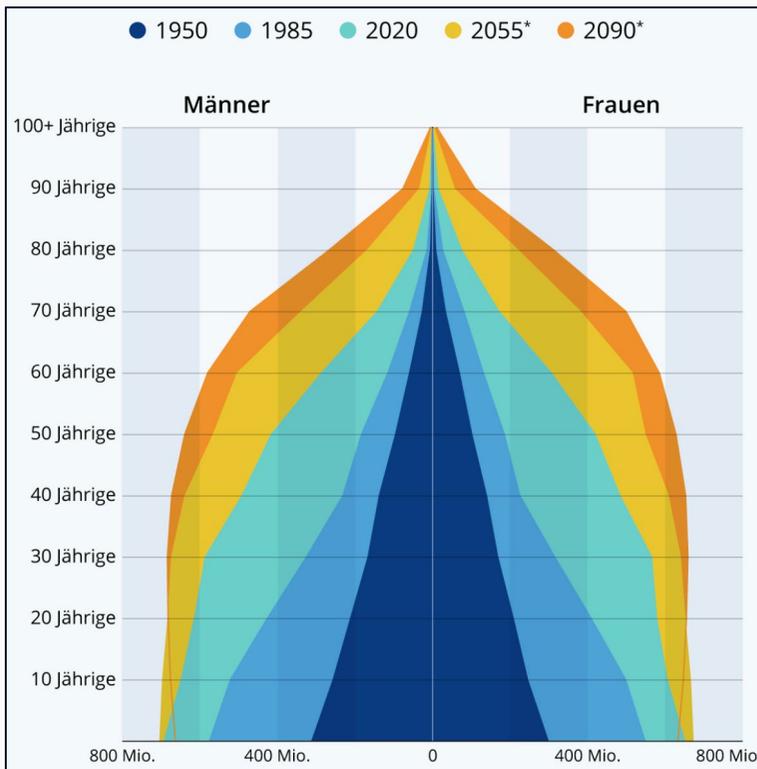


Abb. 1: globale Bevölkerungsentwicklung (2)

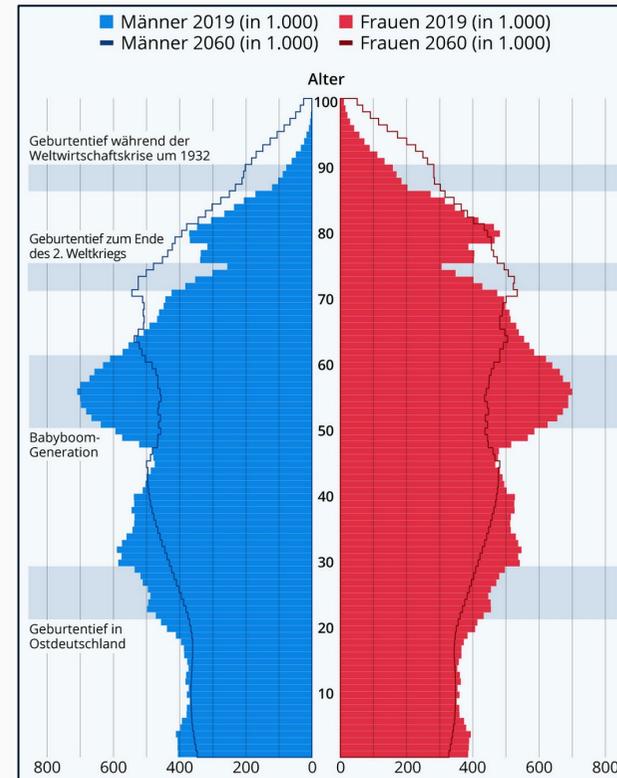


Abb. 2: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (3)

Eine weltweite Autorengruppe um Mikel Izquierdo gibt in einem gemeinsamen Konsenspapier bestmögliche Trainings- und Bewegungsempfehlungen für ein gesundes Altwerden.

Hintergrund (2/2): Was ist Altern?



Der spanische Philosoph José Ortega y Gasset sieht das Altern als einzige Möglichkeit, um lange zu leben. In der wissenschaftlichen Definition hingegen wird das Altern als fortschreitende Anhäufung körperlicher Veränderungen und Funktionseinbußen beschrieben, welche im Laufe der Zeit in einer zunehmenden Anfälligkeit für Krankheit und Sterblichkeit resultieren. (4)

Daraus ergibt sich die Frage:

Sind die gesundheitsbezogenen Parameter im Altersprozess durch die angeborenen Eigenschaften vorgegeben oder sind sie veränderbar?

Mittlerweile wurden in der Altersforschung 12 Merkmale auf zellulärer Ebene identifiziert, welche miteinander interagieren und im Alterungsprozess eine bedeutende Rolle spielen: (5)



Alterungsmerkmale	
▪ genomische Instabilität	▪ gestörte Nährstoffsensitivität
▪ Telomerverkürzung ^e	▪ zelluläre Seneszenz ^b
▪ epigenetische Veränderungen	▪ Erschöpfung der Stammzellen
▪ mitochondriale Dysfunktion	▪ gestörte interzelluläre Kommunikation
▪ Verlust der Proteostase ^c	▪ chronische Entzündungen
▪ gestörte Makroautophagie ^a	▪ Dysbiose ^d

Interventionen, welche auf eine Verbesserung dieser Prozesse abzielen, würden demnach auch den Alterungsprozess positiv verändern. Allerdings ist aktuell eine spezifische Intervention nicht möglich. Zudem ist das Ausmaß des Lebensstils auf diese spezifischen Faktoren noch weitestgehend unklar. Zusätzlich müsste für die gewonnenen Lebensjahre ebenfalls die funktionelle Kapazität erhalten werden, um ein erfolgreiches Altern ohne gewichtige Einschnitte möglich zu machen. (6)

Phänotypen des Alterns (1/3)



Die AutorInnen schreiben Gesundheitsdienstleistern (TherapeutInnen, Forschenden, ÄrztInnen etc) die Aufgabe zu, menschliches Potential auf sozialer, körperbezogener und psychischer Ebene zu bewahren und auszuschöpfen. (6)

Nun herrscht Einigkeit darüber, dass viele Aspekte des körperlichen Abbaus im Altersgang eher einem inaktiven Lebensstil (fehlende Bewegung und Training) zuzuordnen sind als der rein biologischen Verschlechterung durch das Altwerden von Körperstruktur an sich. (5)

Im Wesentlichen unterscheiden sich Menschen dabei in 2 verschiedenen Phänotypen:



Durch den Lebensstil des inaktiven Phänotyps (kein Training, Giftstoffe, Ernährung) kann sich die individuelle Kapazität auf körperlicher, kognitiver und sozialer Ebene derart reduzieren, dass bewegungsbezogene Erkrankungen zu erwarten sind. Diese reduzieren die Lebensqualität im Alterungsprozess und können das Sterberisiko erhöhen.

	Phänotyp: nicht- trainierend	Phänotyp: trainierend
Erfüllung der WHO-Kriterien körperlichen Aktivität*	☹️	😊
Konsum von Giftstoffen wie Tabak & Alkohol	☹️	😊
ungünstige Ernährung	☹️	😊
Erkrankungen durch Bewegungsarmut	☹️	😊
Erkrankungen unabhängig von Bewegung	☹️	☹️
Anzahl und Dauer von Krankheitsphasen	☹️	😊

*WHO-Minimalkriterien zum Gesundheitserhalt: s. Fazit

Allgemein günstige Marker zur Beurteilung des allgemeinen Gesundheitszustandes (auch in der physiotherapeutischen Praxis umsetzbar) sind: (7,8)

- maximale Sauerstoffaufnahmekapazität (VO₂max; feststellbar über Spirometrie)
- maximale Griffkraft (feststellbar über Handdynamometer) oder Kniestreckerkraft
- Ausdauer tests (z. B. 6min-Geh-Test)

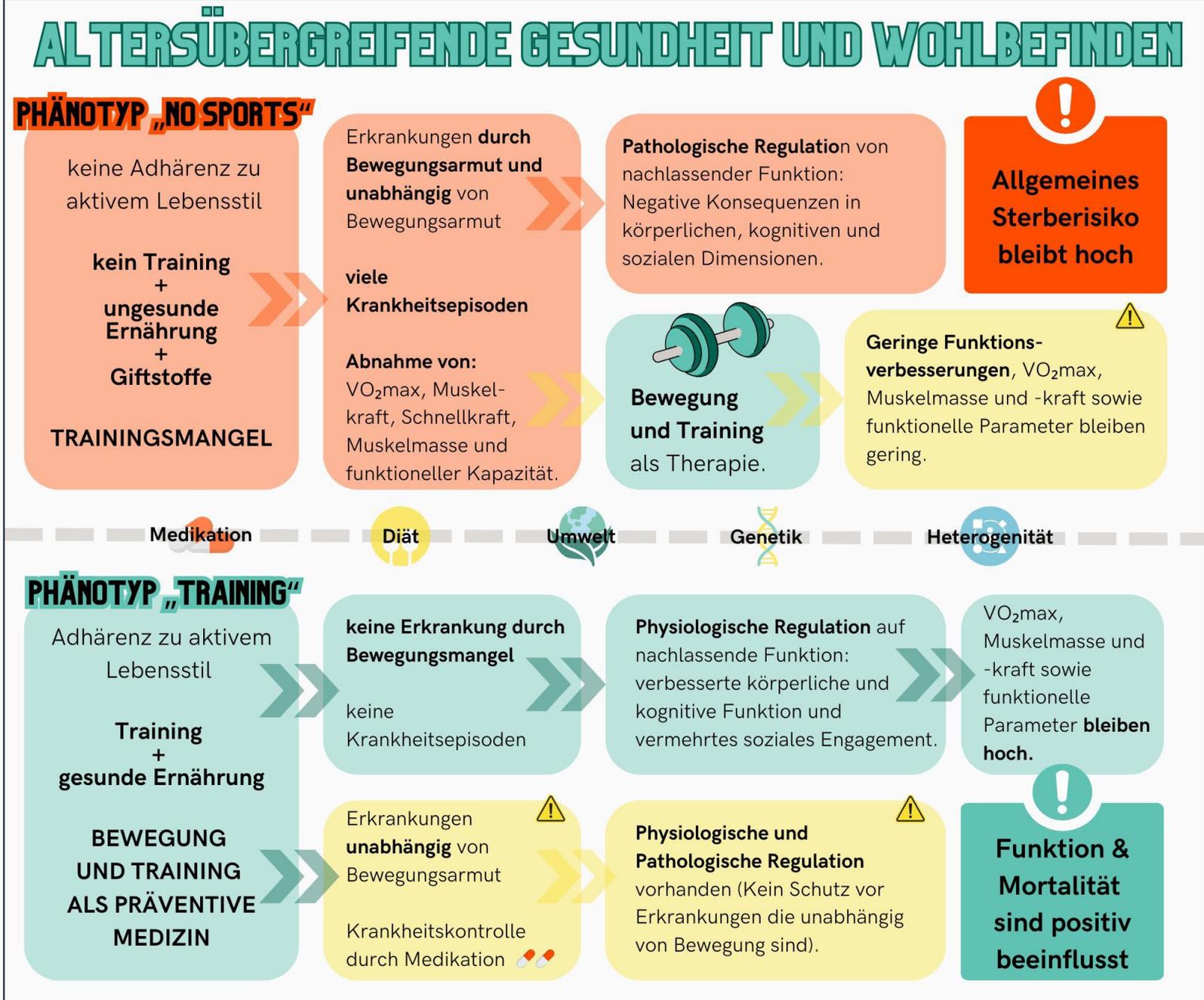


Abb. 3: Unterscheidung und Konsequenzen der Lebensstile der beiden unterschiedlichen Phänotypen „trainierend“ und „nicht- trainierend“.

Phänotypen des Alterns (3/3): Einfluss von Lebensstil, Genetik und Umwelt



In ihrem Weltreport über Altern und Gesundheit (2015) definiert die WHO gesundes Altern als den Ausbau und den Erhalt von funktionellen Fähigkeiten. (9) Dieser Prozess ist genau dann erfolgreich, wenn das Zusammenspiel zwischen körperlichen und geistigen Kapazitäten der Person (intrinsische Domäne), ihrem Verhalten (behaviorale Domäne) und dem Lebenskontext der Person (Umweltdomäne) günstig aufeinander abgestimmt ist (s. Abb. 3 oben).

Zur Bewertung der intrinsischen Kapazität einer Person schlägt die WHO folgende 5 Bereiche vor:



„Wir wissen nicht so genau **WIE** Training funktioniert...“

„... aber wir wissen **DASS** es funktioniert!“

Um erfolgreich (= gesund) zu altern sollten Verantwortliche, wie z. B. auch (Physio-) TherapeutInnen alle diese 5 Bereiche in ihrer Arbeit mit Menschen berücksichtigen. (10)

Obwohl die konkreten Wirkmechanismen von z. B. individualisiertem Training noch nicht vollständig verstanden werden, existiert jedoch Evidenz für den positiven Einfluss von körperlicher Aktivität und Training auf die intrinsische Kapazität der PatientInnen. (11) Übergeordnet betrachtet führt Training dadurch zu einer geringeren Sterberate, zum Erhalt der funktionellen Fähigkeiten und trägt zu einem erfolgreichen Altern bei.

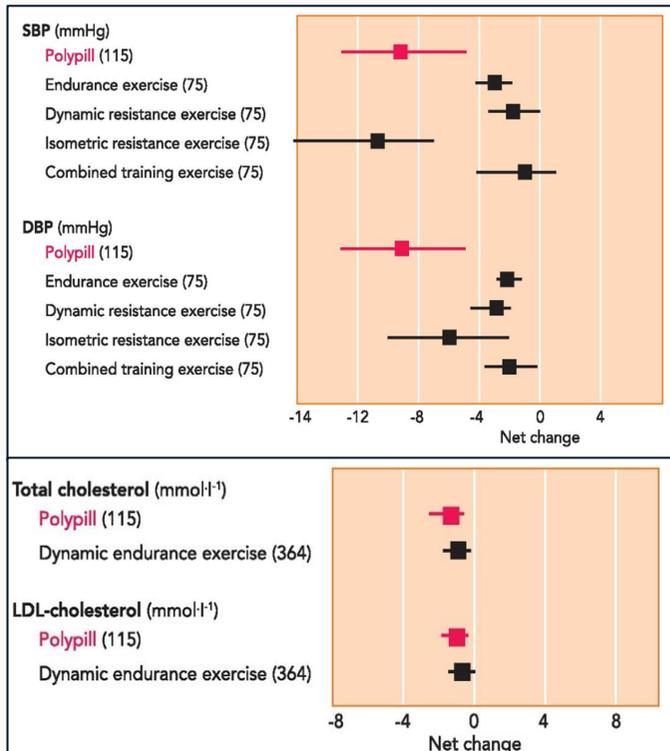
Polypille Training: körperliche Aktivität als Medizin (1/3)



Bewegungsmangel durch einen inaktiven/sitzenden Lebensstil wird von der WHO als Gesundheitsrisiko auf verschiedenen Ebenen beschrieben. (10) Dieses Risiko kann allerdings deutlich reduziert werden.

Wald und Law veröffentlichten die Idee einer Polypille, die theoretisch gegen eine Vielzahl von Erkrankungen wirksam sein könnte. (12) Diese „Wunderpille“ kombiniert ein bis drei blutdrucksenkende Wirkstoffe (wie Kalziumkanalblocker, Thiazide, ACE-Hemmer oder Angiotensin-Rezeptorblocker bzw. deren Kombinationen) mit einem lipidsenkenden Medikament (Atorvastatin oder Simvastatin) und optional Aspirin zur primären Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen.

Fiuza-Luces et al. stellen der Wirkung dieser Polypille die Wirkung von körperlichem Training (aus Daten von Metaanalysen) gegenüber. (13)



Es lässt sich in der Grafik erkennen, dass die Daten der Polypille (rot) auf der Effektskala links der meisten anderen Datenpunkte angesiedelt sind. Diese Datenpunkte (schwarz) stellen die Effekte von Trainings- und Übungsformen dar.

Es lässt sich also zusammenfassend sagen, dass Training- und Übungsformen gegenüber einer medikamentösen Behandlung in Form einer „Polypille“ nicht schlechter abschneiden, teilweise sogar eine größere Effektstärke auf verschiedene Gesundheitsparameter aufweisen.

Abb. 4: SBP/DBP = systolischer/diastolischer Blutdruck; Daten sind als Mittelwert dargestellt; 95% Konfidenzintervall

Polypille Training: körperliche Aktivität als Medizin (2/3)



Körperliche Aktivität und Training sind also die eigentlichen „echten“ Polypillen.

Folgende Aspekte sind (auch in der physiotherapeutischen Therapieeinheit) zu adressieren:

➤ **positive Effekte auf die Sterblichkeit**

Tägliches Gehen (4.000–12.000 Schritte) oder kurze, sehr intensive Bewegungseinheiten (ca. 4 min.) reduzieren das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (CVD, kardiovaskuläre Erkrankungen), Krebs und andere chronische Erkrankungen. (14,15) Selbst ein kurzes tägliches Training von nur 4,4 min korreliert stark mit einer niedrigeren Gesamtsterblichkeit, Krebs und CVD. (16)

➤ **Wichtigkeit spezifischer Aktivität**

Progressives Krafttraining ist vor allem für ältere Personen sehr wichtig, da dieses die funktionelle Kapazität erhält oder vergrößert. Vor allem gebrechliche Personen, die an Alterserkrankungen wie Sarkopenie und Osteoporose leiden, Bewegungseinschränkungen in den ADLs (Treppensteigen, etwas vom Boden aufheben etc.) vorweisen und evtl. pflegebedürftig sind, profitieren in hohem Maße von Krafttrainingsprogrammen, welche die individuelle Problematik adressieren.

➤ **Überlegenheit eines aktiven Lebensstils gegenüber Medikation**

Aktuell gibt es keine Medikation, welche Fitness, funktionelle Kapazität und Gebrechlichkeit gleichermaßen entsprechend verbessern kann. Bewegung bleibt die beste Intervention zur Krankheitsprävention und -behandlung. (17)

➤ **Notwendigkeit angepasster Leitlinien und Empfehlungen**

Die Empfehlung „gesunder Lebensstil“ ist oftmals zu vage, als dass diese umgesetzt wird. Für ältere Menschen bedarf es konkrete, anpassbare und personalisierte (evidenzorientierte) Empfehlungen. Nur so können Individuen innerhalb einer sehr heterogenen älteren Population erreicht werden. (18)

➤ **positiver Einfluss eines aktiven Lebensstils auf die Hirnleistung**

Der Rückgang von kognitiver Hirnleistung (insbesondere logisches Denken, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktion) können durch Bewegung und Training positiv beeinflusst werden. Die Größenzunahme von Hirnstrukturen (Hippocampus, graue und weiße Substanz) und die Effizienzsteigerung von Prozessen (zerebraler Blutfluss, Dopamintransport und funktionelle Verschaltungen der Synapsen) sind zwei wesentliche Aspekte, welche den positiven Einfluss von Bewegung und Training auf das Gehirn beschreiben. (19,20)

Polypille Training: körperliche Aktivität als Medizin (3/3)



Hier wird der **Vergleich der Effektivität** von Training und medikamentösen Interventionen auf 4 Gesundheitsdomänen dargestellt:

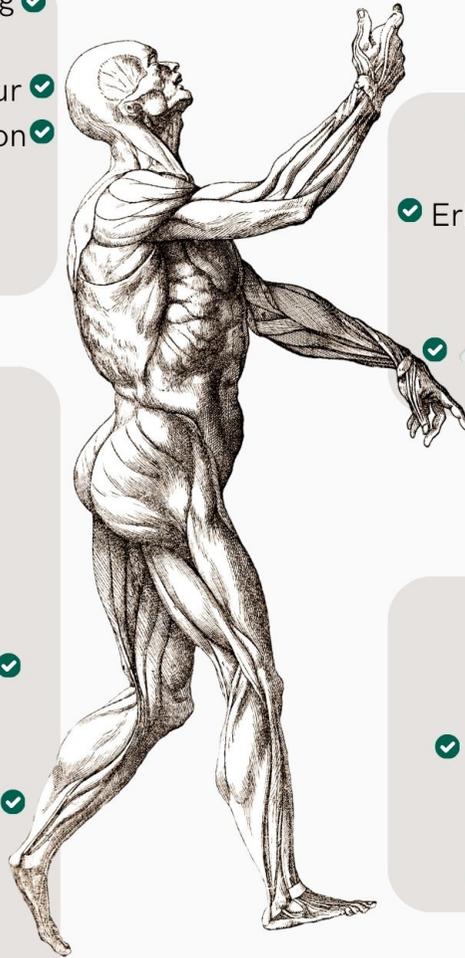
OPTIMIERUNG DER KÖRPERZUSAMMENSETZUNG UND FITNESS

- ✓ Körperfettmasse und -verteilung ✓
- ✓ Aerobe Fitness ✓
- ✓ Knochendichte/-masse/-struktur ✓
- ✓ Gehirnmorphologie und -funktion ✓
- ✓ Stoffwechselfitness ✓
- ✓ Muskelmasse ✓
- ✓ Psychisches Wohlbefinden ✓

BEHANDLUNG CHRONISCHER KRANKHEITEN

- Arthritis ✓ ✓
- Arteriosklerose ✓
- Krebs ✓
- Herzinsuffizienz ✓
- Kognitive Störung/Demenz ✓
- COPD/Asthma ✓
- Depression/Angstzustände ✓ ✓
- Diabetes ✓
- Stürze und Gebrechlichkeit ✓
- Bluthochdruck (Hypertonie) ✓
- Lebererkrankung *unterstützend*
- Osteoporose ✓
- Parkinson-Krankheit ✓
- Periphere Neuropathie ✓
- Periphere Gefäßerkrankung ✓ *OP*
- Nierenversagen ✓ *unterstützend*
- Schlaganfall ✓

✓ POLYPILLE BEWEGUNG



PRÄVENTION VON RISIKOFAKTOREN FÜR CHRONISCHE KRANKHEITEN

- ✓ Kognitive Störung/Gehirnatrophie ✓ Depression
- ✓ Erhöhte Blutfettwerte (Hyperlipidämie)
- ✓ Bluthochdruck (Hypertonie)
- ✓ Schlaflosigkeit (Insomnie)
- ✓ Insulinresistenz/Glukoseintoleranz
- ✓ Systemische Entzündung

PRÄVENTION ALTERSBEDINGTER VERÄNDERUNGEN IN PHYSIOLOGIE UND FUNKTION

- ✓ Gleichgewichtsstörung
- ✓ Abnahme der aeroben Kapazität
- ✓ Endotheliale Dysfunktion
- ✓ Insulinresistenz/Glukoseintoleranz
- ✓ Osteopenie/Osteoporose
- ✓ Sarkopenie
- ✓ Viszerale und allg. Fettleibigkeit



Bewegung ist wirksam in **ALLEN** aufgeführten Domänen (Häkchen). Wirksame Medikation ist mit einer Tablette gekennzeichnet. 2 Icons stehen für eine hohe Wirksamkeit.

Personalisierte Aktivität: funktionsorientiertes Training



Die Personalisierung von Bewegung, insbesondere für ältere Erwachsene, ist entscheidend, da mit zunehmendem Alter die aerobe Kapazität abnimmt und der Erhalt von Muskelmasse durch Krafttraining wichtiger wird. Individuell angepasste Empfehlungen durch PhysiotherapeutInnen können die Autonomie und Lebensqualität der einzelnen Person spürbar verbessern.

Mit zunehmendem Alter sind eingeschränkte Personen oftmals nicht mehr dazu in der Lage, Ausdauertraining (moderat oder intensiv aerob) umzusetzen. Intensives Krafttraining ist oftmals dennoch auch in sehr fortgeschrittenem Alter möglich. (21, 22) Vor allem die Kombination mit einem Gleichgewichts- und Gehtraining ist für einen Erhalt der Lebensqualität vielversprechend.

Es liegt an uns GesundheitsexpertInnen die Empfehlungen entsprechend zu promoten, in der Umsetzung anzupassen und dabei die jeweilige Leistungsfähigkeit der Person zu berücksichtigen. Dabei gilt:

- Krafttraining darf anstrengend sein.
- Die Kombination von Schnellkrafttraining und Gleichgewichtstraining (Multikomponententraining) scheint vor Stürzen zu schützen (23) wenn es mindestens 3x wöchentlich umgesetzt wird.
- Grundsätzliche Trainingsparameter wie Intensität (Anstrengungsgrad), Volumen (Sets, Wiederholungen), Pausenzeiten etc. müssen auch beim Training mit Älteren Berücksichtigung finden.
- Ein ausbleibender Trainingseffekt bei „Non-Respondern“ (vgl. Phänotyp A „inaktive Person“) liegt mit höherer Wahrscheinlichkeit am ungünstig strukturierten Training als an der tatsächlichen „Anpassungsunfähigkeit“ der Person.

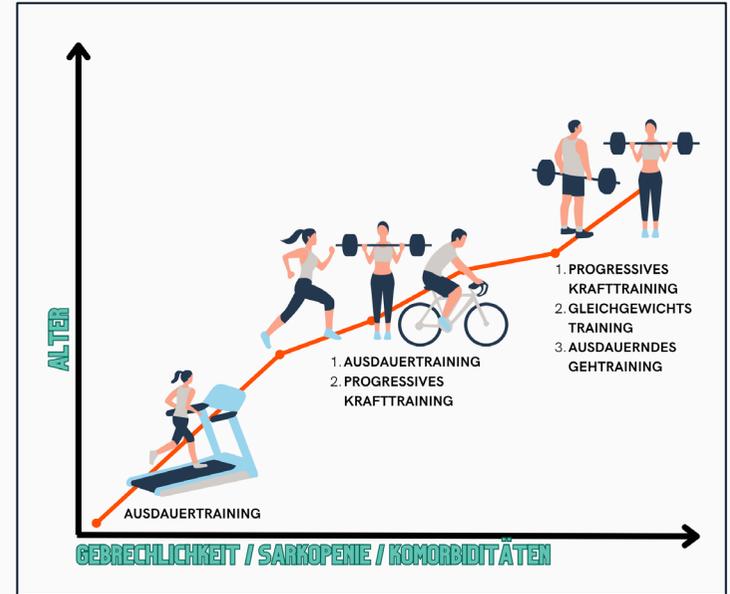


Abb. 6: mod. nach Izquierdo et al.

Fazit (1/2)



Trotz der zahlreichen Vorteile von Bewegung für ältere Erwachsene ist ihre Integration in die medizinische Versorgung noch begrenzt. Viele Gesundheitsfachkräfte, einschließlich PhysiotherapeutInnen, sind nicht ausreichend geschult, um adäquate Bewegung in die Patientenversorgung zu implementieren. (23)

Oftmals wird Bewegungstherapie nur dann für ältere Menschen in Erwägung gezogen, wenn diese Personen keine wesentlichen physischen oder mentalen Einschränkungen haben. Dann allerdings beschränkt sich diese Bewegung häufig auf leichte Aktivitäten wie Gehen. Oft werden dabei nur geringe Intensitäten erreicht. Diese entsprechen dann meist nicht den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen. (6,24)

Diese zurückhaltende Haltung beruht voraussichtlich meist auf Ängsten vor Unfällen, Stürzen, Verletzungen und anderen Risiken, die während oder durch intensivere Aktivitäten geschehen könnten. Mittlerweile gibt es allerdings Evidenz dafür, dass der Bewegungsmangel selbst das größere Gesundheitsrisiko darstellt. (23)

So kann man folgende Schlüsse ziehen:

- Die Verschreibung von Bewegungsintensitäten und -umfängen, die nicht evidenzbasiert sind, ist vergleichbar mit der bewussten Verordnung suboptimaler Medikamentendosierungen.
- Besonders im Bereich des Krafttrainings (PRT) wird häufig ein zu leichtes, nicht progressives Training empfohlen. Die Effektivität des Trainings wird dadurch deutlich eingeschränkt. (6,24)
- Es ist wichtig, dass optimale Bewegungsempfehlungen ein fester Bestandteil der Gesundheitsversorgung älterer Menschen werden. Diese müssen individuell an deren Funktionsniveau angepasst werden.
- Dazu gehören die Integration von Bewegung in Krankenhäusern, Kliniken und Pflegeeinrichtungen sowie die Förderung eines aktiven Lebensstils durch Gemeinschaftsprogramme, öffentliche Gesundheitspolitik und gesellschaftliche Initiativen. Und nicht zuletzt durch die BewegungsexpertInnen der Physiotherapie.

Fazit (2/2): Take Home Message



Folgende Aspekte sollten GesundheitsdienstleisterInnen in der Therapie umsetzen:

- Eigenidentifikation als Bewegungsexperten („Bewegungspromotoren“)
- proaktive Empfehlung eines aktiven Lebensstils, der über das empfohlene Mindestmaß hinausgeht:

Empfehlungen der WHO, für Personen >65J:

mindestens 150-300 min pro Woche Bewegung mit moderater Intensität

oder

75 min pro Woche Bewegung mit hoher Intensität

plus

muskelstärkende Aktivitäten und Gleichgewichtstraining an >2 Tagen pro Woche



Empfehlungen der HHS (US Department of Health), für gebrechliche Personen

Multikomponententraining

inkl. Gleichgewichtstraining, Muskelkräftigung und

moderat intensive Ausdaueraktivitäten an >3 Tagen pro Woche über 30-45 min



- Promotion der Wichtigkeit eines günstigen persönlichen Ökosystems (Verzicht auf Giftstoffe, adäquate Ernährung, soziale Eingebundenheit, Schlafhygiene u. a.) um die Wahrscheinlichkeit für chronische Erkrankungen so gering wie möglich zu halten
- Aufklärung über die Wichtigkeit von partizipations- und ADL-orientiertem, personalisiertem Training
- Umsetzung von Sturzprophylaxe durch Schnellkraft- und Gleichgewichtstraining bei Älteren
- Hervorhebung von Training als Medizin („Polypille“)
- Orientierung an allgemein gängigen Trainingsprinzipien

Literaturangaben

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Ageing 2019 (ST/ESA/SER.A/444). 2020.
2. Statista. Grafik abgerufen am 16.1.2025 um 21:58 unter <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/24468.jpeg>
3. Statista. Grafik abgerufen am 16.1.2025 um 21:59 unter <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/19053.jpeg>
4. Schumacher B, Pothof J, Vijg J, Hoeijmakers JHJ. The central role of DNA damage in the ageing process. *Nature* 2021;592(7856):695–703, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-021-03307-7>.
5. Lopez-Otin C, Blasco MA, Partridge L, Serrano M, Kroemer G. Hallmarks of aging: An expanding universe. *Cell* 2023;186(2):243–78, doi: [10.1016/j.cell.2022.11.001](https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001)
6. Izquierdo M, Fiatarone Singh M. Promoting resilience in The face of ageing and disease: The central role of exercise and physical activity. *Ageing Res Rev* 2023; 88:101940, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arr.2023.101940>.
7. Celis-Morales CA, Welsh P, Lyall DM, Steell L, Petermann F, Anderson J, et al. Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all cause mortality: prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *BMJ* 2018;361:k1651, doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.k1651>.
8. Ramirez-Velez R, Correa-Bautista JE, Garcia-Hermoso A, Cano CA, Izquierdo M. Reference values for handgrip strength and their association with intrinsic capacity domains among older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2019;10(2):278–86, doi: <https://doi.org/10.1002/jcsm.12373>
9. World Health Organization. World Report On Ageing and Health. Geneva: WHO; 2015. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565042>
10. World Health Organization. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. Geneva: Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO; 2018. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514187>
11. Zhou M, Kuang L, Hu N. The Association between Physical Activity and Intrinsic Capacity in Chinese Older Adults and Its Connection to Primary Care: China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS). *Int J Environ Res Public Health* 2023 20(7), doi: [10.3390/ijerph20075361](https://doi.org/10.3390/ijerph20075361)
12. Wald NJ, Law MR. A strategy to reduce cardiovascular disease by more than 80%. *BMJ*. 2003 Jun 28;326(7404):1419. doi: [10.1136/bmj.326.7404.1419](https://doi.org/10.1136/bmj.326.7404.1419). Erratum in: *BMJ*. 2003 Sep 13;327(7415):586. Erratum in: *BMJ*. 2006 Sep;60(9):823. PMID: 12829553; PMCID: PMC162259.
13. Fiuza-Luces C, Garatachea N, Berger NA, Lucia A. Exercise is the real polypill. *Physiology (Bethesda)*. 2013 Sep;28(5):330-58. doi: [10.1152/physiol.00019.2013](https://doi.org/10.1152/physiol.00019.2013). PMID: 23997192.
14. Raichlen DA, Lieberman DE. The evolution of human step counts and its association with the risk of chronic disease. *Curr Biol* 2022;32(21):R1206–14, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2022.09.030>.
15. Paluch AE, Bajpai S, Bassett DR, Carnethon MR, Ekelund U, Evenson KR, et al. Daily steps and all-cause mortality: a meta-analysis of 15 international cohorts. *Lancet Public Health* 2022;7(3):e219–28, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00302-9](http://dx.doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00302-9).
16. Stamatakis, E., Ahmadi, M.N., Gill, J.M.R. et al. Association of wearable device-measured vigorous intermittent lifestyle physical activity with mortality. *Nat Med* 28, 2521–2529 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41591-022-02100-x>
17. Izquierdo M, Morley JE, Lucia A. Exercise in people over 85. *BMJ* 2020;368:m402, doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.m402>.
18. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med* 2020;54(24):1451–62, doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>.

Literaturangaben

19. Batouli SAH, Saba V. At least eighty percent of brain grey matter is modifiable by physical activity: A review study. Behav Brain Res 2017;332:204–17, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2017.06.002>.
20. Bae S, Harada K, Lee S, Harada K, Makino K, Chiba I, et al. The Effect of A Multicomponent Dual-Task Exercise on Cortical Thickness in Older Adults with Cognitive Decline: A Randomized Controlled Trial. J Clin Med 2020;9(5), doi: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm9051312>.
21. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. JAMA 1990;263(22):3029–34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2342214/>
22. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gomez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. Age (Dordr) 2014;36(2):773–85, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11357-013-9586-z>.
23. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34409961/>
24. Izquierdo M, Fiatarone Singh M. Urgent need for integrating physical exercise into geriatric medicine: a call to action. Br J Sports Med 2023;57(15):953–4, doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2023-106912>. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37105708/>

Definitionen und Abkürzungen

- ^a Makroautophagie = Zellprozesse, bei denen eigene Bestandteile abgebaut und verwertet werden. Ein verwandter Prozess ist die Phagozytose. Hier werden Stoffe von außerhalb der Zelle aufgenommen und verwertet. [[zurück zu Slide 3](#)]
- ^b zelluläre Seneszenz = Phänomen, bei dem Zellen aufhören sich zu teilen [[zurück zu Slide 3](#)]
- ^c Proteostase = Regulationsvorgang innerhalb der Zelle, der das Ziel hat die Zellgesundheit aufrecht zu erhalten [[zurück zu Slide 3](#)]
- ^d Dysbiose = gestörte physiologische Besiedelung eines Körperabschnitts durch Mikroorganismen (z. B. Darmflora) [[zurück zu Slide 3](#)]
- ^e Telomerverkürzung = Verkürzung der Chromosomenenden (=Telomere), welche bei Zellteilung auftritt. Sind die Telomere aufgebraucht, kann sich die Zelle nicht mehr teilen, es kommt zum Zelltod. [[zurück zu Slide 3](#)]