VERSITA

Artykuł poglądowo-przeglądowy

DOI: 10.2478/rehab-2014-0006
Postępy Rehabilitacji (1), 49 – 61, 2013

Wykorzystanie ćwiczeń ukierunkowanych na zwiększenie siły mięśniowej w usprawnianiu starszych osób

Strength training in the elderly people

Zbigniew Trzaskoma[1], Łukasz Trzaskoma[2], Anna Krzesicka[1]

[1] Katedra Fizjoterapii, Wydział Rehabilitacji, Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie
[2] Department of Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Semmelweis University, Budapest, Hungary

Streszczenie

Proces starzenia się człowieka charakteryzuje się licznymi zmianami, które dotyczą struktur na poziomie molekularnym, komórkowym, narządowym oraz całego organizmu. Jednym ze skutków zmniejszającej się aktywności fizycznej oraz postępujących procesów starzenia się organizmu człowieka jest systematyczne obniżanie się siły mięśniowej, któremu towarzyszy pogorszenie sprawności w podstawowych czynnościach codziennych. Ćwiczenia fizyczne, w tym ćwiczenia ukierunkowane na zwiększenie siły mięśniowej, wykonywane przez osoby starsze spowalniają proces starzenia się i zapobiegają występowaniu wielu chorób. Jakkolwiek nawet stała i regularna aktywność fizyczna nie może zapobiec spadkowi siły wraz z wiekiem, to zmiany adaptacyjne w centralnym układzie nerwowym i mięśniowym wywołane stosowaniem ćwiczeń siłowych w dużym stopniu mogą rekompensować ten proces.

Ćwiczenia ukierunkowane na zwiększenie siły i masy mięśniowej, nazywane ćwiczeniami siłowymi, są na świecie powszechnie znane i stosowane przez ludzi w podeszłym wieku. W Polsce model usprawniania fizycznego osób starszych bazuje prawie wyłącznie na ćwiczeniach wytrzymałościowych i rozciągających, a stosowanie klasycznych ćwiczeń siłowych często wywołuje obawy.

Celem pracy jest uzasadnienie potrzeby stosowania ćwiczeń ukierunkowanych na zwiększenie siły mięśniowej w usprawnianiu osób starszych i przedstawienie efektów ich zastosowania.

Słowa kluczowe: **trening siłowy, czynności dnia codziennego, osoby starsze**

Abstract

Aging is characterized by numerous changes that affect structures at the molecular, cellular, organ and whole organism. One of the effects of decreasing physical activity and the progressive aging of the human body is a systematic decline in muscle strength paralleled by a deterioration in the basic activities of daily living. Exercises, including exercises aimed at increasing muscle strength, performed by older people slow down the aging process and prevent the occurrence of many diseases. However, even the constant and regular physical activity can not prevent a age-related loss of strength, the adaptive changes in the central nervous system and muscles caused by the use of strength training can largely compensate for this process. Exercises aimed at increasing strength and muscle mass, commonly called strength exercises, is the world's well-known and used by the elderly. In Poland, the model of the physical improvement of the elderly is based almost exclusively on endurance and stretching exercises, and the use of traditional strength exercises is often cause for concern. Aim of this work is to justify the need for exercises aimed at increasing muscle strength in older people and presentation of the results of their use.

Keywords: **strength training, activities of daily living, elderly people**

e-mail: **zbyszek.trzaskoma@awf.edu.pl**

Wstęp

Zmiany w układzie ruchu człowieka występujące wraz z wiekiem

Starzenie się człowieka manifestuje się zmianami ilościowymi i jakościowymi zachodzącymi równolegle we wszystkich narządach i układach. Jest procesem złożonym, jednokierunkowym i nieodwracalnym, prowadzącym do wyczerpywania się rezerw strukturalnych i funkcjonalnych ustroju.

Zmiany inwolucyjne dotyczą struktur na poziomie molekularnym, komórkowym, narządowym oraz całego organizmu. Mogą zaczynać się stosunkowo wcześnie, bo nawet już w 35-45 roku życia, i prowadzą do obniżenia sprawności fizycznej człowieka oraz występowania chorób związanych ze starzeniem się. Zaproponowano kilka, nie wykluczających się wzajemnie, teorii procesu starzenia się, jak neuroendokrynologiczną, wolnych rodników, czy mitochondrionalną [1].

Znamiona starzenia się układu ruchu objawiają się w zmianami w kościach, chrząstkach, tkankach miękkich (mięśnie, torebki stawowe, więzadła, krążki międzykręgowe), a także w układzie nerwowym. Najczęstsze z nich to: zmniejszenie masy kostnej na skutek przewagi aktywności osteoklastów nad osteoblastami w procesie metabolizmu kości (osteopenia) oraz rozrzedzenie masy kostnej; zmiany w tkance łącznej związane z jakością kolagenu; zmniejszona liczba mezenchymalnych komórek macierzystych; akumulacja zdegradowanych molekuł; spadek hormonów tropowych; zwiększenie krążących cytokin; zmiany zwyrodnieniowe stawów jako wynik kumulacji mikrouszkodzeń, głównie dotyczących tkanki chrzęstnej (krążków międzykręgowych i chrząstek), prowadzące do ścieńczenia, usztywnienia, odwodnienia i zmian jakościowych chrząstek; zmniejszenia liczby motoneuronów α równoległego ze spadkiem liczby i wymiarów jednostek ruchowych (sarkopenia), co w konsekwencji prowadzi do obniżenia przekrojów poprzecznych mięśni (tzw. masy mięśni) i ich właściwości mechanicznych, które odczuwane są wyraźnie podczas czynności dnia codziennego; reinerwacja włókien mięśniowych, która może prowadzić do „błędnego unerwienia" i w konsekwencji zmiany rekrutacji włókien; demielinizacja aksonów, powodująca spadek prędkości i częstotliwości przewodzenia impulsów w jednostkach ruchowych; spadek potencjału oksydacyjnego o około 50% z powodu zmniejszonej gęstości i obniżonej funkcji mitochondriów; zwiększona produkcja reaktywnych form tlenu i większy komórkowy stres oksydacyjny; wzrost poziomu tłuszczów i kolagenu w mięśniach [2, 3]. Szczególnie groźna jest rozwijająca się powoli wraz z wiekiem sarkopenia, która często prowadzi do niepełnosprawności i śmiertelności w populacji osób starszych [4, 5]. Uważa się, że stopniowa wraz z wiekiem utrata jednostek ruchowych obniża czynność mięśni po przekroczeniu tzw. progu krytycznego, który dla niektórych mięśni, jak np. piszczelowy przedni, występuje między 70 a 80 rokiem życia, wówczas gdy liczba jednostek ruchowych wynosi ok. 50% wartości osób młodych [3]. Potwierdza to porównanie wartości maksymalnej momentu siły podczas zginania grzbietowego stopy w stawie skokowo-goleniowym, które są podobne dla 27- i 66-latków, choć u tych drugich liczba jednostek ruchowych jest o 1/3 mniejsza niż u tych pierwszych [3]. Wyniki badań [za 3] świadczą także o tym, że redukcja liczby jednostek ruchowych w mięśniach kończyn dolnych (np. czworogłowy uda) jest większa niż w mięśniach kończyn górnych (np. dwugłowy ramienia), które są bardziej odporne na starzenie się.

Jednym ze skutków zmniejszającej się aktywności fizycznej oraz postępujących procesów starzenia się organizmu człowieka jest systematyczne obniżanie się siły mięśniowej i szybkości skracania się mięśni [6, 7, 8, 9]. Ten proces zachodzi nawet u osób, które wcześniej były sportowcami na poziomie mistrzowskim [za 3].

Uważa się, że spadek siły i mocy człowieka wraz z wiekiem spowodowany jest przede wszystkim zmniejszeniem liczby i rozmiaru jednostek ruchowych, głównie szybko kurczących się (FT), obniżeniem poziomu aktywacji i kurczliwości mięśni, stężeń hormonów oraz aktywności enzymów, a także gorszym odżywianiem, większą częstością występowania chorób oraz zmniejszeniem aktywności fizycznej [za 10]. Atrofia jednostek ruchowych związana z wiekiem w dużej mierze spowodowana jest zmniejszoną syntezą białka i liczbą biogennych komórek satelitarnych i może różnić się od atrofii, jaka występuje w wyniku chorób [za 3]. Liczba komórek satelitarnych (wartości średnie) we włóknie mięśniowym osoby w wieku 70-80 lat jest mniejsza niż osoby w wieku 20-30 lat [11]. Uważa się [za 12], że jednym z mechanizmów atrofii związanej z wiekiem mogą być większe uszkodzenia mięśni w wyniku czynności ekscentrycznej i słabsze procesy ich regeneracji u osób starszych. Zmiany w układzie nerwowym i mięśniowym starzejących się mężczyzn i kobiet, biorąc pod uwagę wartości względne, są podobne. Jakkolwiek u kobiet spadek siły zaczyna się wcześniej niż u mężczyzn, to jego wielkość w odniesieniu do masy mięśni jest zbliżona u obu płci [13]. Maksymalna siła mięśniowa, której najwyższe wartości osiągane są przez człowieka między 30 i 40 rokiem życia, w dalszych latach systematycznie obniża się i w 70 roku życia wynosi około 60-70% wartości maksymalnej [za 10].

Wykazano, że w miarę starzenia się człowieka jego siła mięśniowa maleje w mniejszym stopniu niż moc, a po zaprzestaniu treningu siłowego obniżenie tych cech u osób starszych jest mniejsze niż u ludzi młodych. Znamienna dodatnia zależność między wskaźnikami siły i mocy u ludzi starszych jest wyższa niż u młodszych i u tych pierwszych obniżenie siły generowanej w wa-

runkach ekscentrycznych jest mniejsze niż w warunkach koncentrycznych i statycznych [za 10].

Jakkolwiek uważa się, że osoby starsze w porównaniu z młodymi wykazują szybszy spadek siły przede wszystkim w warunkach statycznych, to wykazano [14], że decydujący wpływ na obniżenie mocy starszych osób ma występujący wraz z wiekiem spadek prędkości skracania się mięśni.

Wraz ze spadkiem siły mięśniowej istotnie obniża się sprawność fizyczna człowieka, w tym wykonywanie czynności dnia codziennego [15]. Wykazano, że wraz ze zmniejszaniem się siły mięśniowej człowieka pogarsza się zdolność utrzymywania ciała w równowadze, co wyraża się zwiększeniem prędkości przemieszczania się środka parcia (punkt przyłożenia wypadkowej siły reakcji podłoża) [za 10] oraz jego sumarycznej drogi [16] w postawie stojącej, zarówno w płaszczyźnie strzałkowej, jak i czołowej. Najwyższa prędkość przemieszczania środka parcia, co oznacza gorsze utrzymywanie ciała w równowadze, występuje w okresach dzieciństwa i starości, wówczas gdy siła człowieka jest najmniejsza. Powyższe zmiany, a także i bezwzględne wartości prędkości przemieszczania środka parcia są podobne u kobiet i mężczyzn [za 10].

Badania przeprowadzone przez Buforda i wsp. [17] z udziałem młodych (23,8±3,9 lat) i starszych (78,3±5,6 lat) kobiet i mężczyzn, u których za pomocą rezonansu magnetycznego określono powierzchnię przekroju poprzecznego oraz tkanki tłuszczowej mięśni uda i podudzia, wykazały, że jakkolwiek wraz z wiekiem następuje spadek masy mięśni w całej kończynie dolnej, to masa mięśni uda ma największy wpływ na utrzymanie sprawności funkcjonalnej starzejącego się człowieka.

Stwierdzono, że spadki siły mięśniowej i masy kości przebiegają podobnie w kolejnych latach życia człowieka, a jak wiadomo obniżanie się zawartości oraz gęstości składników mineralnych w kościach (odpowiednio *BMC* i *BMD*) istotnie zwiększa ryzyko wystąpienia osteoporozy [8].

Do najważniejszych zmian zachodzących w *układzie nerwowym* w procesie starzenia się należą: zmniejszenie liczby neurocytów mózgowia (głównie w okolicy hipokampa, w mniejszym stopniu w okolicy pnia mózgu); pojawianie się w mózgu blaszek starczych zawierających beta-amyloid oraz włókienkowego zwyrodnienia neuronów; spadek liczby komórek glejowych, które odpowiadają za transport substancji odżywczych i pośredniczą w neurotransmisji; gromadzenie się zbędnych, niepoddających się degradacji produktów przemiany materii w komórkach nerwowych; zaburzenia neurotransmisji, a także mechanizmów przekazywania sygnałów, jak na przykład spadek poziomu serotoniny, katecholamin, acetylazy choinowej, kwasu gamma-aminomasłowego; znaczne obniżenie wrażliwości receptorów adrenergicznych i wyrównawczy wzrost stężenia katecholamin w układzie autonomicznym, co wpływa na zaburzenia funkcji wazomotorycznych.

Wymienione zmiany w układzie nerwowym wpływają na spowolnienie przetwarzania informacji, zaburzenia pamięci, upośledzenie propriocepcji i powstawanie innych dysfunkcji tego układu. Upośledzenie termoregulacji, „sztywność emocjonalna", potliwość, nagłe wzrosty ciśnienia, skłonność do zasłabnięć i hipotonii ortostatycznej - to typowe zmiany zachodzące w układzie autonomicznym w procesie starzenia się. Regularna aktywność fizyczna angażująca zarówno ośrodkowy, jak i obwodowy układ nerwowy skutecznie hamuje niekorzystne zmiany, a niektóre z nich, jak np. czucie proprioceptywne, poprawia [18].

Wraz z wiekiem istotnie zmienia się skład ciała. Już od 40-50 roku życia człowieka zmniejsza się beztłuszczowa masa ciała (głównie kości i mięśni) i całkowita zawartość wody w organizmie. Równolegle wzrasta masa tkanki tłuszczowej. W efekcie całkowita masa ciała wzrasta lub utrzymuje się do około 70 roku życia, po czym zaczyna się obniżać.

Starzeniu się podlega również tkanka łączna wykazując mniejszą odporność na działanie sił zewnętrznych, mimo że powierzchnie przekroju poprzecznego tej tkanki u starszych osób są podobne lub nawet większe niż u młodych [19].

Wraz z wiekiem obniża się także skuteczność funkcjonowania układu odpornościowego, co przyczynia się między innymi do zwiększonej częstości występowania infekcji oraz słabszego działania szczepionek [20].

Zmiany strukturalne i czynnościowe zachodzące wraz z wiekiem mogą powodować u starszych osób większe - niż u młodych – negatywne skutki zdrowotne z powodu doświadczania przewlekłych sytuacji stresowych [21].

Wpływ ćwiczeń fizycznych na układ ruchu starszych osób

Do niedawna uważano, że ćwiczenia fizyczne są niewskazane dla starszych osób. Wśród ludzi w tym wieku istnieje co prawda więcej przeciwwskazań do podejmowania różnych aktywności fizycznych niż u młodych, ale ćwiczenia fizyczne są gwarantem zachowania, pomnażania i lepszego wykorzystywania danego nam potencjału biologicznego. To jeden z niewielu środków, który może spowolnić proces starzenia się i poprawić jakość życia. Aoyagi i Shephard [22] na podstawie przeglądu wyników badań aktywności fizycznej starszych osób (pomiary za pomocą krokomierzy lub akcelerometrów) uważają, że najlepszymi wskaźnikami aktywności fizycznej kobiet jest dzienna liczba kroków a mężczyzn dzienny czas trwania aktywności fizycznej. Codzienna umiarkowana aktywność fizyczna sprzyja także utrzymaniu właściwego poziomu funkcji poznawczych u starszych osób [23]. Według Westcotta [24] systematycznie stosowany

przez osoby starsze trening siłowy pozytywnie wpływa nie tylko na zdolności poznawcze, ale i samoocenę.

Wyniki badań prowadzonych w ostatnich lat świadczą o tym, że możliwy jest wzrost masy i siły mięśniowej pod wpływem treningu o charakterze siłowym u osób starszych, nawet w bardzo zaawansowanym wieku [25], który umożliwia lepsze wykonywanie podstawowych czynności dnia codziennego, takich jak chód, wchodzenie po schodach, czy wstawanie z krzesła [za 3, 26, za 27, 28]. Nie wykazano jednoznacznie, jakie korzyści mogą uzyskać osoby bardzo zaawansowane wiekiem, wówczas gdy stwierdza się u nich zespół wątłości (*frailty syndrome)* [29] i są one zależne od pomocy otoczenia. Uważa się, że trening siłowy w większym stopniu niż tradycyjny trening rehabilitacyjny, czy trening wszechstronny (ćwiczenia siłowe połączone z ćwiczeniami równowagi, tlenowymi, gibkości i koordynacji) poprawia wykonywanie czynności dnia codziennego, zwłaszcza u osób słabych i w bardzo podeszłym wieku, co potwierdza np. współczynnik korelacji między prędkością chodu a wartością szybkości rozwijania siły (*RFD – rate of force development*) wynoszący 0,79 [za 3]. Suetta [30] wykazała, że gdy po 12 tygodniach treningu siłowego wartość RFD, mierzona w początkowej fazie ruchu (0-30 ms), zwiększyła się znamiennie, to prędkość maksymalna chodu osób starszych wzrosła średnio o 30%.

Larsen i wsp. [31] wykorzystując stwierdzoną wcześniej u starszych osób dodatnią zależność między parametrami wyskoku pionowego obunóż z miejsca, z zamachem (*CMJ – counter-movement jump)* a wynikami w testach sprawności w czynnościach dnia codziennego (m. in. prędkość chodu, wstawanie z krzesła), zastosowali ten wyskok do oceny skuteczności treningu siłowego starszych kobiet (69,7±3,4 lat). Autorzy stwierdzili, że po 12-tygodniowym treningu siłowym (2 sesje w tygodniu, 5 ćwiczeń mięśni kończyn dolnych, 4 serie x 8-10 RM), znamiennie wzrosła zarówno skoczność, jak i moc starszych kobiet, co powinno sprzyjać poprawie wykonania czynności dnia codziennego. Według Autorów [31] szczególnie dlatego, że wykazano zwiększenie siły i mocy w fazie zginania podeszwowego stopy w stawie skokowo-goleniowym. Ważną rolę mięśni zginających podeszwowo oraz grzbietowo stopę w stawie skokowo-goleniowym w utrzymywaniu równowagi podkreślają Ribeiro i Brochado [32] na podstawie pomiarów maksymalnej siły tych mięśni przeprowadzonych przed i po 6-tygodniowym treningu siłowym wykonanym przez kobiety w wieku od 72 do 87 lat. Z kolei Ribeiro i Oliveira [33], po badaniach wytrzymałości siłowej mięśni prostujących oraz zginających kończynę w stawie kolanowym u starszych osób (Biodex System 2, warunki izokinetyczne, prędkość kątowa = 2,09 rad/s), zwracają uwagę na znamiennie większy stopień zmęczenia tych pierwszych mięśni, co może pogarszać czucie proprioceptywne, utrzymywanie równowagi, prędkość chodu i zwiększać podatność na urazy. Zdaniem Autorów [33] należy to uwzględniać w programach treningów siłowych przeznaczonych dla starszych osób.

Można wymienić dwa główne cele zwiększania siły mięśniowej osób starszych. Pierwszy to profilaktyczny, a więc przede wszystkim zmniejszanie ryzyka wystąpienia wielu dysfunkcji narządu ruchu lub w razie ich wystąpienia jak najlepsze radzenie sobie z nimi oraz utrzymanie na jak najwyższym poziomie sprawności w czynnościach dnia codziennego. Podkreśla się znaczenie ćwiczeń siłowych w procesie fizjoprofilaktyki [25]. Drugi cel, to terapeutyczny, gdyż ćwiczenia o charakterze siłowym nie tylko poprawiają ogólną sprawność chorego, lecz wywołują wiele innych pozytywnych skutków, takich jak: lepsza równowaga ciała, wzmocnienie kości, chrząstek stawowych i więzadeł, mniejsze dolegliwości bólowe, poprawa snu, samopoczucia i pewności siebie, obniżenie depresji, poprawa funkcji immunologicznych, polepszenie koordynacji ruchowej, zwiększenie prędkości chodu i wykonywania czynności dnia codziennego [za 10, 34].

Zmniejszanie się aktywności fizycznej wraz z wiekiem wynika z mniejszej potrzeby ruchu i przyzwyczajania się starszych osób do coraz mniej aktywnego trybu życia, ale coraz powszechniejsza wśród nich jest świadomość, że procesów starzenia się nie można zahamować stosowaniem środków farmaceutycznych. W profilaktyce geriatrycznej aktywność fizyczna traktowana jest jako niezbędny czynnik kompleksowego postępowania.

Pozytywny wpływ ćwiczeń fizycznych na układ ruchu człowieka jest powszechnie znany. Dzięki podejmowaniu aktywności fizycznej, zwłaszcza planowej, można hamować rozwój sarkopenii oraz związanych z nią niekorzystnych zmian funkcjonalnych. Ważną rolę odgrywa w tym trening siłowy. Wykazano [za 35], że u osób starszych (także powyżej 90 roku życia) jest on równie skuteczny, co u młodszych. U osób starszych pod wpływem ćwiczeń siłowych pole przekroju poprzecznego mięśni, mierzone za pomocą tomografii komputerowej, wzrosło o 11,4%, a siła mięśniowa od 107 do 227% [za 35]. Tak znaczne zwiększenie siły mięśniowej w stosunku do zmian przekroju poprzecznego mięśni tłumaczy się poprawą kontroli nerwowej (większa częstotliwość wyładowań w motoneuronach, poprawa rekrutacji i synchronizacji jednostek ruchowych) oraz lepszą aktywacją mięśni agonistycznych. Dzięki aktywności fizycznej poprawia się wydolność oksydacyjna mięśni (głównie dzięki zwiększeniu gęstości mitochondriów i podwyższeniu aktywności enzymów oksydacyjnych) oraz pobudzony zostaje komórkowy mechanizm antyoksydacyjny, usuwający z organizmu reaktywne formy tlenu [2].

Stwierdzono, że wartości siły maksymalnej mięśni zginających i prostujących tułów są dobrymi wskaźnikami w prognozowaniu u osób starszych prędkości chodu i utrzymywania ciała w równowadze, a zwiększenie

siły mięśni kończyn dolnych osób w wieku od 41 do 71 lat znamiennie poprawiło zdolność do utrzymywania ciała w równowadze i w konsekwencji zmniejszyła się liczba upadków [za 10]. Wyniki badań [36] dowodzą, że połączenie wielozadaniowego treningu równowagi, zawierającego elementy celowego wytrącania człowieka z utrzymywania pozycji stojącej, z treningiem mocy wydaje się być najlepszym postępowaniem w zmniejszaniu ryzyka upadków u starszych osób. Takie postępowanie daje lepsze efekty niż działania ukierunkowane tylko na zwiększenie siły mięśniowej. W opracowywaniu takiego wielozadaniowego treningu równowagi należy wziąć pod uwagę sugestie Elskampa i wsp. [37], by próby wytrącania z równowagi zajmowały niewielką część treningu i ćwiczący otrzymywali bieżącą informację o uzyskiwanych wynikach. Elbar i wsp. [38] zaproponowali dla osób starszych oryginalny trening w wodzie, zawierający ćwiczenia zakłócające utrzymywanie równowagi, który wpłynął pozytywnie zarówno na utrzymywanie ciała w równowadze w pozycji stojącej, jak i prędkość wykonania kroku w celu zapobieżenia upadkowi. W badaniach z udziałem 70 starszych osób obojga płci (średnia wieku = 81,1±7,2 lat] wykazano, że większa koaktywacja mięśni podudzia (piszczelowy przedni – płaszczkowaty) podczas utrzymywania nieruchomej pozycji stojącej wpływa negatywnie na kontrolę posturalną w warunkach dynamiki [39].

Osoby starsze przez systematyczny trening mogą istotnie zwiększyć nie tylko siłę maksymalną, ale i skrócić czas jej osiągania, to znaczy poprawić wartość szybkości rozwijania siły (*RFD*) [6]. Sądzi się, że zwiększenie siły i mocy kobiet i mężczyzn w średnim i starszym wieku związane jest w większym stopniu z adaptacją układu nerwowego niż hipertrofią mięśni [za 10].

Pojednic i wsp. [40] na podstawie pomiarów maksymalnych wartości mocy, siły i prędkości mięśni kończyn dolnych z udziałem 79 kobiet i mężczyzn (podzielonych na kategorie wieku: 40-55 i 70-85 lat) wskazują na wzrastającą wraz z wiekiem człowieka rolę prędkości ruchu w osiąganych wartościach mocy. Reid i Fielding [41] akcentują ważną rolę mocy w utrzymywaniu sprawności funkcjonalnej starszych osób podkreślając, że wraz z wiekiem moc mięśni spada wcześniej i bardziej gwałtownie niż siła mięśniowa.

Dowiedziono, że zastosowanie treningu siłowego ma istotne znaczenie w zapobieganiu i leczeniu różnych zaburzeń czynności układu mięśniowego, chorób tętnic obwodowych, czy reumatoidalnego zapalenia stawów [za 15].

Ważnym czynnikiem regulującym metabolizm kostny jest obciążenie mechaniczne. Badania dowodzą, że osteogenny efekt aktywności fizycznej jest odwrotnie proporcjonalny do wieku, a ćwiczenia fizyczne wpływają umiarkowanie (zwiększenie o 1-3%) na zmiany gęstości tkanki kostnej [42]. Biorąc pod uwagę fakt, że przy mało aktywnym trybie życia w tym samym czasie dochodziłoby do utraty mineralnej gęstości kości, zysk ten jest relatywnie większy. Ćwiczenia fizyczne wpływają także na strukturę kości, przez co poprawiają się ich właściwości mechaniczne [42]. Wykazano, że zwiększenie siły mięśniowej starszych osób wpływa pozytywnie na ich układy kostne [8, 43]. Uważa się, że ćwiczenia wytrzymałościowe mają mniej korzystny wpływ na układ kostny niż inne rodzaje aktywności fizycznej, nawet wtedy, gdy ich intensywność jest niska [44]. Biorąc pod uwagę powyższe względy niepokojącym zjawiskiem jest duży odsetek pacjentów, którzy ograniczają swoją aktywność fizyczną z powodu osteoporozy [45].

U osób młodych i starszych po stosowaniu ćwiczeń siłowych stwierdzono podobne zmiany adaptacyjne w budowie mięśni (tzw. architektura mięśni), na przykład zwiększyły się kąty pierzastości w mięśniach obszernym bocznym i brzuchatym łydki (głowa boczna) [za 3]. Na podstawie analizy zmian wartości kątów pierzastości mięśni aktywnych fizycznie osób starszych – w porównaniu z młodymi – jakie wystąpiły po 14 dniach zaprzestania treningu siłowego i ponownym 4-tygodniowym jego wznowieniu, Suetta i wsp. [46] przypuszczają, że zmiany w budowie mięśni, stwierdzane po systematycznym stosowaniu ćwiczeń siłowych, u osób starszych mogą utrzymywać się dłużej niż u młodych.

Aktywność fizyczna na każdym etapie ontogenezy wpływa na poprawę elastyczności takich elementów narządu ruchu, jak mięśnie, więzadła, czy torebki stawowe, a tym samym na zakresy ruchów w stawach [47]. Trening siłowy zwiększa sztywność ścięgien u osób starszych, co zarówno poprawia właściwości mechaniczne kompleksu mięsień-ścięgno, jak i obniża ryzyko jego uszkodzeń [19].

Wykazano [48], że wraz z wiekiem można spodziewać się dodatnich zależności między siłą mięśniową a wydolnością (maksymalny pobór tlenu) i nerwowo-mięśniową ekonomią wysiłku (analiza sygnału EMG).

Henwood i wsp. [49] podkreślają korzyści dla zdrowia psychicznego i społecznego, a także postrzegania własnego ciała, jakie uzyskują osoby starsze systematycznie stosujące trening siłowy.

Rodzaje aktywności fizycznej zalecane osobom starszym

Najczęściej zalecane i stosowane przez osoby starsze rodzaje aktywności fizycznej, takie jak jazda na rowerze, chód czy gimnastyka w domu, realizowane są przez ćwiczenia przede wszystkim wytrzymałościowe i rozciągające. Trening wytrzymałościowy ma znamienny wpływ na zapobieganie chorobom układu sercowo-naczyniowego oraz oddechowego, które według Światowej Organizacji Zdrowia są głównymi przyczynami zgonów na świecie. Amerykańskie Towarzystwo Medycyny Spor-

towej w swoim stanowisku z roku 1998 dotyczącym treningu zdrowotnego osób starszych rekomendowało ćwiczenia o charakterze wytrzymałościowym połączone z ćwiczeniami siłowymi [za 50].

W ostatnich latach coraz większą popularność wśród osób starszych zdobywają ćwiczenia siłowe, które do niedawna uważano jako ćwiczenia odpowiednie jedynie dla sportowców lub co najwyżej młodych, zdrowych mężczyzn. Proces upowszechniania ćwiczeń siłowych wśród osób w podeszłym wieku na świecie charakteryzuje się dużą dynamiką, a zmiany w rozumieniu roli tego rodzaju ćwiczeń nie tylko w usprawnianiu fizycznym osób starszych dobrze scharakteryzował Hamar [51] stwierdzając, że trening siłowy w rehabilitacji w XX wieku na początku lat ’80 był zakazany, na początku lat ’90 – dopuszczany, natomiast na początku XXI wieku jest zalecany.

Według stanowiska Amerykańskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej z 1998 roku [za 50] najkorzystniejsze efekty dla sprawności fizycznej i zdrowia osoby starsze osiągnąć mogą stosując połączenie trzech rodzajów ćwiczeń: wytrzymałościowych, siłowych i rozciągających. Proporcje między tymi rodzajami ćwiczeń w zakresie częstotliwości, intensywności oraz czasu trwania powinny być dobierane indywidualnie. Zalecana jest ostrożność w doborze bodźców treningowych oraz konieczność stopniowego dawkowania wysiłków. Prawidłowy program ćwiczeń fizycznych powinien zostać tak skonstruowany, aby przy jak najmniejszym ryzyku uzyskać jak największe korzyści. Wymienione powyżej rodzaje ćwiczeń, tj. wytrzymałościowe, siłowe i rozciągające, mają różny wpływ na organizm człowieka, a więc ich stosowanie powinno wynikać z celu, jaki mają spełnić w odniesieniu do danej osoby.

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe różnice między wpływem treningu wytrzymałościowego i siłowego na organizm człowieka.

Ćwiczenia rozciągające mają na celu zwiększenie lub utrzymanie zakresów ruchów w stawach oraz uelastycznienie struktur okołostawowych, co powszechnie określa się jako zwiększenie gibkości. Stosuje się głównie ćwiczenia, które angażują duże grupy mięśniowe. Osoby starsze powinny rozciągać się minimum 2-3 razy w tygodniu wykonując ćwiczenia w warunkach zarówno statycznych, jak i dynamicznych. W warunkach statycznych mięśnie należy rozciągać powoli, stopniowo zwiększając ich długość, tak by nie pobudzić czujników „długość mięśnia”, tj. wrzecion nerwowo-mięśniowych, i nie wywołać odruchu na rozciąganie, który zwiększając sztywność mięśnia czyni go mniej podatnym na rozciąganie [15]. Po osiągnięciu maksymalnego rozciągnięcia mięśni należy utrzymać tę pozycję nie dłużej niż 30 sekund. Na przykład technika rozciągania zwana poizometryczną relaksacją mięśni polega na 6-sekundowym tzw. skurczu izometrycznym danej grupy mięśniowej z następującym po nim rozluźnieniem i stopniowym rozciąganiem trwającym od 10 do 30 sekund. Rozciąganie mięśni w warunkach dynamicznych, tzw. balistyczne, polega na wielokrotnym powtarzaniu ruchów o jak największej amplitudzie (na przykład skręty tułowia, krążenia, czy wymachy kończyn) i uważane jest za mniej skuteczne. Wskazane jest, aby rozciągane grupy mięśniowe były odpowiednio rozgrzane, dlatego też ćwiczenia rozciągające przeważnie stosuje się w części końcowej (rozluźniającej, wyciszającej) treningu lub sesji usprawniania fizycznego [15].

Tab. 1. Wpływ treningu wytrzymałościowego i siłowego na parametry metaboliczne i fizjologiczne o istotnym znaczeniu w utrzymywaniu zdrowia człowieka [zmodyfikowano za 35]

Tab. 1. Effect of strength and endurance training on metabolic and physiological health-related parameters [modified by 35]

Wskaźnik	Trening wytrzymałościowy	Trening siłowy
Spoczynkowa częstość skurczów serca	↓↓	↔
Objętość wyrzutowa	↑↑	↔
Ciśnienie krwi		
Skurczowe	↓↓	↔
Rozkurczowe	↓↓	↓↔
Wydolność fizyczna (VO_{2max})	↑↑↑	↑
Metabolizm glukozy		
wrażliwość na insulinę	↑↑	↑↑
Stężenie insuliny	↓	↓
Stężenie insuliny po obciążeniu glukozą	↓↓	↓↓
Lipidy krwi		
HDL	↑↑	↑↔
LDL	↓↓	↓↔
Budowa i skład ciała		
% zawartości tkanki tłuszczowej	↓↓	↓
% zawartości beztłuszczowej masy ciała	↔	↑↑
Masa mięśni szkieletowych	↑	↑↑↑
Siła mięśniowa	↑	↑↑↑
Zdolność utrzymywania równowagi	↑	↑↑
Ogólna sprawność fizyczna	↑↑	↑↑↑
Podstawowa przemiana materii	↑	↑↑
Gęstość kości	↑	↑↑
Ryzyko złamań kości	↓↔	↓↓

Legenda: ↑ – niewielki wzrost; ↑↑ – umiarkowany wzrost; ↑↑↑ – duży wzrost; ↔ – brak większych zmian; ↓ – niewielki spadek; ↓↓ – umiarkowany spadek; ↓↓↓ – duży spadek

Ćwiczenia wytrzymałościowe mają na celu kompleksowe zaangażowanie układów ruchu, krążenia

i oddechowego. Polegają na wielokrotnym wykonywaniu ruchów z udziałem dużych grup mięśniowych, a czas wysiłku musi być na tyle długi, by resynteza ATP zachodziła w oparciu o procesy tlenowe, które po 2-6 minutach pracy ciągłej dominują w pokrywaniu zapotrzebowania energetycznego. Zgodnie z zaleceniami Amerykańskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej [za 50] osoby starsze powinny ćwiczyć od 3 do 5 razy w tygodniu. Intensywność treningu powinna mieścić się w granicach 55-90% maksymalnej częstości skurczów serca (HR_{max}) albo 40-85% rezerwy maksymalnego pochłaniania tlenu ($VO_{2max}R$). Dla osób starszych o słabej kondycji zalecane wskaźniki są niższe i wynoszą odpowiednio 55-64% i 40-49%. Czas trwania wysiłku powinien wynosić od 20 do 60 minut aktywności ciągłej lub przerywanej (składającej się z okresów nie krótszych niż 10 minut). Czas trwania wysiłku zależy bezpośrednio od intensywności ćwiczeń i jest do niej odwrotnie proporcjonalny. Do przykładowych form aktywności ukierunkowanych na zwiększanie wytrzymałości zaliczyć można: marsz, w tym popularny obecnie marsz z kijkami (Nordic Walking), marszobieg, bieg, jazdę na rowerze, taniec, aerobik, wiosłowanie na trenażerze, wchodzenie po schodach, gry sportowe.

Ćwiczenia siłowe w głównej mierze wpływają na zwiększenie siły, przekrojów poprzecznych mięśni (tzw. masy mięśniowej) i lokalnej wytrzymałości siłowej (mięśni określonych części ciała, np. kończyn dolnych). Istotą treningu siłowego jest pokonywanie dużego oporu zewnętrznego i systematyczne, stopniowe jego zwiększanie. Obciążenie maksymalne (1 RM – one repetition maximum), w Polsce nazywane także ciężarem maksymalnym (CM), to największy opór, jaki może być pokonany jednokrotnie podczas prawidłowego wykonania ćwiczenia. W ćwiczeniach siłowych stosowana wielkość obciążenia coraz powszechniej wyrażana jest maksymalną liczbą powtórzeń, jaką należy wykonać w serii ćwiczenia dobierając indywidualnie taki opór, który to umożliwi. Na przykład 8 RM oznacza wykonanie ośmiu powtórzeń z takim oporem, z którym wykonanie ostatniego powtórzenia w serii sprawi ćwiczącemu dużą trudność. Coraz rzadziej w ćwiczeniach siłowych stosowana wielkość obciążenia wyrażana jest procentem maksymalnego obciążenia (np. wykonaj 8 powtórzeń ćwiczenia w serii z obciążeniem równym 80% maksymalnego w danym ćwiczeniu) [15].

Osoby starsze powinny podejmować ćwiczenia siłowe 2-3 razy w tygodniu i wykonywać program składający się z 8-10 ćwiczeń na główne grupy mięśniowe. Jeżeli celem jest siła i masa mięśni, to zaleca się wykonywanie 8-12 powtórzeń (8-12 RM) każdego ćwiczenia. Jeżeli celem usprawniania jest głównie lokalna wytrzymałość siłowa, to liczba powtórzeń w serii powinna wynosić 12-15 RM [15]. Ważny jest także dobór odpowiednich warunków dla pracy mięśni. Jakkolwiek osoby starsze mogą wykonywać wysiłki w warunkach zarówno statycznych (ćwiczenia izometryczne), jak i dynamicznych (ćwiczenia w warunkach izoinercyjnych, izotonicznych i izokinetycznych), to zalecane są te drugie, gdyż w większym stopniu imitują aktywności dnia codziennego. Oddychanie w czasie ćwiczeń powinno być jak najbardziej naturalne i regularne, to znaczy nie można dopuszczać do wstrzymywania procesu oddychania. Zaleca się podczas trudniejszej fazy ćwiczenia (np. unoszenie ciężaru) wydech, a wdech podczas łatwiejszej (np. opuszczanie ciężaru) [15].

Jeżeli stosowany jest jednoczesny trening siły i wytrzymałości (concurrent training), to zaleca się taką konstrukcję programu, by ćwiczenia ukierunkowane na siłę poprzedzały ćwiczenia wytrzymałościowe [52]. Taka konstrukcja programu sprzyja korzystniejszym zmianom siły mięśniowej, podczas gdy zwiększenie wytrzymałości nie zależy od kolejności ćwiczeń.

Przedstawiana w piśmiennictwie polskim metodyka ćwiczeń wytrzymałościowych i rozciągających jest zgodna z tendencjami światowymi [53]. Prace dotyczące wykorzystania ćwiczeń ukierunkowanych na zwiększenie siły mięśniowej osób starszych jakkolwiek wskazują na ich potrzebę, to nie zawierają wskazówek metodycznych [54, 55, 56, 57, 58], bądź ograniczają się do informacji podstawowych [53]. Tylko w nielicznych pracach zagadnienie stosowania ćwiczeń siłowych potraktowano nieco szerzej [35].

Zalecenia co do fizycznego usprawniania osób w podeszłym wieku stosowane w Polsce i na świecie różnią się głównie w zakresie wykorzystania ćwiczeń siłowych. W piśmiennictwie polskim poprawę siły mięśniowej często wiąże się ze stosowaniem ćwiczeń o charakterze wytrzymałościowym, których wpływ na siłę mięśniową może być niewielki. Takie podejście ma swoje odzwierciedlenie w przykładach zajęć rekreacji ruchowej podejmowanej przez osoby starsze. Jak wynika z wcześniejszych badań [59] główne aktywności to: jazda na rowerze, szybki marsz, pływanie, jogging, tenis, jazda konna, aktywne piesze wycieczki, pedałowanie na rowerze stacjonarnym oraz gimnastyka poranna. Najnowsze badania aktywności i sprawności fizycznej 4813 osób w wieku 65 i więcej lat (2352 kobiety i 2488 mężczyzn), wykonane w ramach kompleksowego projektu badawczego PolSenior w latach 2007-2011, potwierdziły, że jazda na rowerze jest aktywnością fizyczną najczęściej podejmowaną przez osoby starsze [58].

Niektórzy autorzy podkreślają, że ćwiczenia ukierunkowane na zwiększenie siły mogą lepiej niż wysiłki wytrzymałościowe spełniać istotną rolę w utrzymywaniu i zwiększaniu możliwości fizycznych osób w starszym wieku [3, 10, 15, 60, 61].

Schulz i wsp. [62] podkreślają w zwiększaniu siły starszych osób skuteczność ćwiczeń, w których akcentuje się czynność ekscentryczną mięśni, umożliwiających

osiąganie dużych wartości siły przy stosunkowo małym odczuwaniu zmęczenia.

Przykłady wykorzystania ćwiczeń siłowych w usprawnianiu starszych osób

Wśród aktywności fizycznych podejmowanych przez osoby starsze coraz istotniejsze miejsce zajmują ćwiczenia siłowe. Takie postępowanie uzasadnione jest przede wszystkim tym, że zmniejszająca się wraz z wiekiem siła mięśniowa powoduje poważne konsekwencje w czynnościach życiowych osób starszych, a pogorszenie zdolności lokomocyjnych, upadki, czy osteoporoza, to najbardziej spektakularne dowody tego procesu. Coraz intensywniej prowadzone są badania zarówno nad skutecznością ćwiczeń siłowych, jak i optymalizacją programów treningowych przeznaczonych dla starszych osób [50].

W badaniach przeprowadzonych przez Kalapotharakosa i wsp. [25] porównano wpływ 12-tygodniowego treningu siłowego o wysokiej i umiarkowanej intensywności na funkcjonalne zdolności zdrowych, ale nieaktywnych fizycznie osób w wieku 60-74 lat. Badani ćwiczyli trzy dni w tygodniu. Wysoka intensywność treningu określona została na poziomie 8 RM z obciążeniem 80% 1RM, a umiarkowana na poziomie 15 RM z obciążeniem 60% 1RM. Wykazano, że badani z obu grupy znacząco poprawili wyniki w próbie 6-minutowego marszu, czasu ruchu całego ciała w odpowiedzi na bodziec wzrokowy (krok w przód, w tył, w lewo bądź w prawo) i czasu utrzymania pozycji stania jednonóż w porównaniu do grupy kontrolnej, która nie była poddana ćwiczeniom. Poprawa siły mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie kolanowym była większa u osób, które ćwiczyły z wyższą intensywnością.

Taaffe i Marcus [42] w badaniach nad optymalną częstotliwością stosowania treningu siłowego przeprowadzili 24-tygodniowy eksperyment z udziałem osób w wieku 65-69 lat. Badani podzieleni na trzy grupy (trening jeden, dwa lub trzy razy w tygodniu) wykonali ćwiczenia mięśni kończyn górnych i dolnych (po 8 ćwiczeń) o dużej intensywności (8 powtórzeń z 80% 1RM). Wykazano zwiększenie siły badanych (średnio o 40%) i beztłuszczowej masy ciała, natomiast nie stwierdzono znamiennego związku między częstotliwością treningu w tygodniu a powyższymi zmianami.

Do podobnych wniosków doszli Murlasits i wsp. [63], którzy poddali 8-tygodniowemu treningowi siłowemu dwie grupy starszych kobiet i mężczyzn (średnia wieku = 64,0±3,0 lat), z których jedna grupa ćwiczyła dwa, a druga trzy razy w tygodniu. Częstotliwość treningu nie miała znamiennego znaczenia, gdyż badani z obu grup (dwa lub trzy razy w tygodniu) uzyskali podobne zmiany siły mięśni odpowiednio: kończyn górnych – 20,84 i 20,18%, kończyn dolnych – 22,34 i 28,12% oraz masy ciała szczupłego odpowiednio: 2,4 i 1,9%.

Wyniki uzyskane w cytowanych powyżej pracach [42, 63] wyraźnie sugerują, że ponieważ w treningu siłowym starszych osób liczba treningów w tygodniu nie determinuje wartości osiąganych postępów w sile mięśniowej, to należy niezwykle ostrożnie planować obciążenia treningowe i nie stosować więcej niż trzy treningi w tygodniu.

W badaniach Henwooda i Taaffe [64] osoby w wieku 65-84 lat poddane zostały 24-tygodniowemu treningowi siłowemu. Ćwiczący z jednej grupy wykonywali ćwiczenia ukierunkowane na zwiększenie siły, a z drugiej grupy na zwiększenie mocy. W obu grupach po 24 tygodniach treningów wprowadzono 24-tygodniowy okres zaprzestania treningu, a następnie ponownie wprowadzono trening siłowy, który trwał 8-tygodni. Po okresie bez treningów w obu grupach zanotowano podobne obniżenie siły i mocy mięśni, a 8-tygodniowy trening pozwolił na osiągnięcie poziomu, jaki badani uzyskali po 24-tygodniach treningu.

Podobne badania, obejmujące 24-tygodniowy okres treningowy i 24-tygodniowy okres zaprzestania treningu, z podziałem na grupy wykonujące ćwiczenia o wysokiej (82% 1RM) i niskiej (55% 1RM) intensywności, przeprowadzili Fatouros i wsp. [65]. Wykazano większe przyrosty siły i mocy oraz większą poprawę możliwości funkcjonalnych u osób, które ćwiczyły z wyższą intensywnością. Ponadto stwierdzono, że wyższa intensywność sprzyjała dłuższemu utrzymaniu osiągniętych poziomów siły i mocy w okresie zaprzestania treningu. Ważną rolę intensywności ćwiczeń siłowych – wyrażanej wartością pokonywanego oporu, który nie powinien być zbyt mały – w osiąganiu pozytywnych zmian siły mięśniowej u starszych osób podkreśla metaanaliza (47 badań eksperymentalnych z udziałem 1079 starszych osób) przeprowadzona przez Petersona i wsp. [66].

Celem badań podjętych przez Pereirę i wsp. [67] była ocena skuteczności treningu mocy i jego zaprzestania na możliwości fizyczne starszych kobiet. 20 kobiet w wieku 65,8±2,5 lat poddano 12-tygodniowemu treningowi mocy (3 sesje w tygodniu), a następnie 6-tygodniowemu okresowi zaprzestania treningu. Przed rozpoczęciem treningów, po 12 tygodniach i po kolejnych 6 tygodniach mierzono siłę (1 RM w ćwiczeniach wypychanie obciążenia nogami i wyciskanie sztangi w leżeniu), moc (wyskok pionowy obunóż z miejsca i rzut piłką lekarską o masie 1,5 kg) oraz sprawność funkcjonalną (wstawanie z krzesła w ciągu 30 s). Po 12 tygodniach treningów stwierdzono znamienne zwiększenie wyników w testach, które wynosiło: od 41,9 do 64,1% (siła), od 18,2 do 33,6% (moc) i 15,8% (sprawność funkcjonalna). Po 6-tygodniowym okresie zaprzestania treningów wbrew przypuszczeniom stwierdzono większy spadek siły (od 18,2 do 23,8%) niż mocy (od 2,0 do 4,5%), również sprawności funkcjonalnej (2,8%), ale wartości wszystkich ocenianych zmiennych były wyższe niż przed rozpoczęciem treningów.

Taaffe i Marcus [42] oceniali wpływ rekombinowanego hormonu wzrostu (rhGH) na zwiększenie siły mięśniowej starszych osób. Mężczyźni w wieku 65-82 lat poddani zostali 14-tygodniowemu treningowi (3 razy w tygodniu, 3 serie po 8 powtórzeń z 75% 1 RM). Kontynuację treningu przez kolejne 10 tygodni uzupełniono o codzienne wstrzyknięcia rekombinowanego ludzkiego hormonu wzrostu (grupa eksperymentalna) lub placebo (grupa kontrolna). Nie stwierdzono, by dołączenie rhGH dało wyraźne efekty treningowe, mimo że stężenie IGF-1 (insulinopodobny czynnik wzrostu) zwiększyło się u starszych mężczyzn do wartości charakterystycznych dla ludzi młodych.

Próbę połączenia farmakoterapii i treningu siłowego podjęli również Sullivan i wsp. [68]. W ciągu 12 tygodni ćwiczenia siłowe połączono z podawaniem octanu megestrolu (MA), leku stosowanego przez chorych z zespołem utraty łaknienia i wyniszczenia. Badanych w wieku powyżej 65 lat podzielono na grupy w celu określenia wpływu różnej intensywności treningu oraz podawania lub nie MA. Stwierdzono, że trening siłowy o wysokiej intensywności jest skuteczny i dobrze tolerowany przez osoby w starszym wieku, ale jednoczesne przyjmowanie MA zmniejsza korzystne efekty tego treningu.

Rodacki i wsp. [69] badali wpływ treningu siłowego w połączeniu z podawaniem oleju rybiego na siłę mięśniową starszych kobiet (n=45, wiek=64±1,4 lat), które podzielono na trzy grupy. Wszystkie badane kobiety wykonały ten sam program treningowy, który w odniesieniu do dwóch grup połączony był z krótszym (90 dni) lub dłuższym (150 dni) podawaniem oleju rybiego. Włączenie suplementacji olejem wywołało większe zmiany siły mięśniowej (maksymalne momenty sił i krótsze czasy ich osiągania mięśni prostujących oraz zginających kończynę w stawie kolanowym i stopę w stawie skokowo-goleniowym).

Metaanaliza przeprowadzona przez Cermaka i wsp. [70], obejmująca 22 badań, w których wzięło udział 680 osób w różnym wieku, wykazała, że systematyczny trening siłowy, stosowany co najmniej przez 6 tygodni, daje większe korzystne zmiany (m.in. masa ciała szczupłego i siła maksymalna mięśni kończyn dolnych) – zarówno u osób młodych jak i starszych – wówczas, gdy jest połączony z podawaniem białka.

Na zasadność podawania białka (codziennie 2 razy po 15 g) w połączeniu z treningiem siłowym u osób w bardzo zaawansowanym wieku (powyżej 75 lat), zwłaszcza w zwiększaniu masy ciała szczupłego, wskazują Tieland i wsp. [71].

Hulmi i wsp. [72] wykonując biopsję z mięśnia obszernego bocznego badali wpływ zarówno pojedynczej serii ćwiczenia siłowego, jak i 21-tygodniowego treningu siłowego (dwie sesje w tygodniu) na poziom miostatyny (hormon tkankowy hamujący procesy anaboliczne) i ekspresję miogennego mRNA (matrycowe kwasy rybonukleinowe), a także podawania białka na możliwości fizyczne starszych mężczyzn (62,3±6,3 lat). Autorzy wykazali, że systematyczny trening siłowy wspomagany podawaniem białka serwatkowego wywołuje takie zmiany transkrypcyjne, które sprzyjają regeneracji i hipertrofii mięśni.

18-tygodniowy trening ukierunkowany na zwiększenie siły mięśni prostujących kończynę w stawie kolanowym, wykonany przez kobiety w wieku 76-78 lat, zwiększył wartość BMD, zmierzoną w trzonie kości piszczelowej, oraz powierzchnię przekroju poprzecznego mięśnia czworogłowego uda [za 10].

Roczny trening siłowy, zastosowany przez kobiety i mężczyzn w wieku od 37 do 77 lat, doprowadził do znamiennego wzrostu powierzchni przekroju poprzecznego i siły maksymalnej mięśni prostujących kończynę w stawie kolanowym, prędkości chodu i wysokości wyskoku pionowego z miejsca bez zamachu [za 10].

Ryan i wsp. [73] ocenili efekty 6-miesięcznego treningu ukierunkowanego na mięśnie całego ciała, wykonanego przez starsze (do 65 do 74 lat) i młode (od 20 do 29 lat) osoby obojga płci. Wykazano, że u wszystkich badanych nastąpiła poprawa siły mięśni kończyn górnych i dolnych, masy mięśni (z wyjątkiem starszych kobiet), a także BMD określanym w kości udowej. Większą poprawę ocenianych parametrów stwierdzono u osób młodszych.

Sandfeld i Jensen [74] porównali efekty 5-tygodniowego treningu siłowego (trzy sesje w tygodniu, 3 serie x 4-8 RM), ukierunkowanego na mięśnie przedramion, zginające i prostujące kończynę w stawie łokciowym oraz odwodzące i zginające kończynę w stawie ramiennym, młodych (27±2,6 lat) i starszych (67±3,8 lat) kobiet i mężczyzn. Na podstawie pomiarów przeprowadzonych w warunkach zarówno statycznych, jak i dynamicznych wykazano, że średnie zwiększenie siły mięśniowej było podobne w obu grupach i wynosiło odpowiednio 8,7 i 9,8% (młodzi) i 11,1 i 10,1% (starsi).

Herman i wsp. [75] badali zależności między siłą i mocą mięśni kończyn górnych i dolnych a skutecznością wykonywania czynności dnia codziennego przez osoby starsze. 37 badanych z ograniczoną aktywnością fizyczną, w tym 24 kobiety i 13 mężczyzn, w wieku od 65 do 93 lat (wartość średnia wynosiła 76 lat) poddano pomiarom siły i mocy mięśni kończyn górnych (prostowanie kończyny w stawie łokciowym, określano: siła – 1 RM, moc – 40 i 70% RM) i dolnych (prostowanie kończyn w pozycji siedząc w suwnicy, określano: siła – 1 RM, moc – 40 i 70% RM) oraz testom czynności dnia codziennego (chód, wchodzenie po schodach, ocena czynnościowa kończyn dolnych testem SPPB – Short Physical Performance Battery). Wykazano wysoką zależność między siłą i mocą mięśni kończyn górnych i dolnych a sprawnością wykonywania czynności dnia codziennego, przy czym większe znaczenie w funkcjonowaniu osób starszych przypisano mocy.

Persch i wsp. [76] badali wpływ treningu siłowego mięśni kończyn dolnych starszych kobiet na kinematyczne parametry chodu: prędkość chodu, długość i częstość kroków, faza oderwania stopy od podłoża, których pogorszenie wiąże się ze zwiększeniem ryzyka upadków. 27 starszych kobiet (średnia wieku – 61, 4 lat) podzielono na dwie grupy, tj. eksperymentalną, która przez 12 tygodni wykonała trening siłowy mięśni kończyn dolnych (trzy treningi w tygodniu) oraz kontrolną, która w tym czasie wykonała trening siłowy mięśni kończyn górnych. Stwierdzono, że znamienne zwiększenie siły mięśni kończyn dolnych – wykazane zarówno rezultatami w wykonywanych ćwiczeniach, jak i pomiarami maksymalnych momentów sił w warunkach statyki – wpłynęło na poprawę parametrów chodu, co – według autorów – u osób starszych obniża ryzyko upadków.

Ocena wpływu 12-tygodniowego treningu mocy na siłę, moc i sprawność funkcjonalną w czynnościach dnia codziennego starszych kobiet (62,5±5,4 lat) była celem badań przeprowadzonych przez Perierę i wsp. [77]. Program treningowy (trzy sesje w tygodniu), który obejmował ćwiczenia siły (mięśnie całego ciała) i mocy (skoki pionowe i rzuty piłką lekarską) umożliwił uzyskanie zwiększenia sił mięśniowej (od 57 do 61%), mocy (od 14 do 40%) oraz poprawy sprawności funkcjonalnej, ocenianej m. in. na podstawie prędkości chodu.

Tylko w nielicznych pracach nie stwierdzono korzystnego wpływu ćwiczeń fizycznych na stan funkcjonalny starszych osób. Na przykład Woo i wsp. [78] wykazali, że u badanych w wieku 65-74 lat, którzy przez 12 miesięcy trzy razy w tygodniu brali udział w zajęciach Tai Chi lub ćwiczeniach wytrzymałościowych z użyciem taśm, gęstość kośćca, siła mięśniowa, równowaga, gibkość oraz zdolność zapobiegania upadkom nie różniła się w porównaniu z badanymi z grupy kontrolnej, którzy nie wykonywali takich ćwiczeń.

Wnioski

Model usprawniania fizycznego osób starszych w Polsce jest zbliżony do tego, który zalecany był na świecie około 30 lat temu, a więc opiera się głównie na ćwiczeniach wytrzymałościowych i rozciągających. W Polsce uznaje się potrzebę zwiększania siły mięśniowej osób starszych i zaleca stosowanie ćwiczeń siłowych, ale proponowane sposoby postępowania tego nie zapewniają. Wskazówki metodyczne, które są zawarte w nielicznych pracach, nie zawsze są zgodne z podstawowymi zasadami zwiększania siły mięśniowej. Metodyka ćwiczeń siłowych nie jest znana w wystarczającym stopniu fizjoterapeutom i osobom prowadzącym zajęcia z osobami w starszym wieku, a obawa przed stosowaniem tego rodzaju ćwiczeń często jest wystarczającym powodem do ich pomijania w programach usprawniania.

Wykorzystanie ćwiczeń wytrzymałościowych w usprawnianiu starszych osób jest w pełni uzasadnione, ale uwzględniając obniżający się poziom siły mięśniowej, która u człowieka w każdym wieku jest niezbędna do wykonywania najprostszych czynności dnia codziennego, nawet tych o charakterze wytrzymałościowym, nie można się ograniczać tylko do tego rodzaju ćwiczeń. Dostrzega tę konieczność Kostka [35] zalecając, by u osób młodszych i w wieku średnim trening wytrzymałościowy zajmował około 50-60% a trening siłowy 40-50% obciążenia fizycznego w ćwiczeniach, natomiast u osób po 50 roku życia udział treningu siłowego powinien się zwiększyć.

Przykładem kompleksowego usprawniania osób starszych, który zawiera ćwiczenia siłowe jest Program Rekreacji Ruchowej Osób Starszych (PRROS) zaproponowany przez Kozdroń [79], aczkolwiek podana w Programie metodyka tych ćwiczeń nie wydaje się być wystarczająca do skutecznego zwiększenia siły mięśniowej.

Podsumowując należy stwierdzić, że programy wykorzystywane w usprawnianiu osób starszych w Polsce i na świecie różnią się przede wszystkim pod względem aplikacji ćwiczeń siłowych. W piśmiennictwie światowym metodyka ćwiczeń siłowych osób starszych jest szczegółowo opisana i ten rodzaj ćwiczeń jest włączony do modelu kompleksowego usprawniania tych osób. W Polsce usprawnianie fizyczne osób starszych opiera się przede wszystkim na ćwiczeniach wytrzymałościowych i rozciągających, a rodzime piśmiennictwo dotyczące stosowania ćwiczeń siłowych przez osoby w podeszłym wieku jest nieliczne.

Uwzględniając aktualne tendencje światowe należy w procesie tzw. pomyślnego starzenia się (*successful aging*), które według Ouwehanda i wsp. [80] może być rozumiane jako zachowanie równowagi między stratami a zyskami, upowszechniać w Polsce ćwiczenia siłowe wśród osób starszych.

Piśmiennictwo

1. Kaliman P, Párrizas M, Lalanza JF, Comins A, Escorihuela RM, Pallás M. Neurophysiological and epigenetic effects of physical exercise on the aging process. Ageing Res Rev 2011;10:475-86.
2. Budzińska K. Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych. Gerontologia Polska 2005;13(1):1-7.
3. Aagaard P, Suetta Ch, Caserotti P, Magnusson SP, Kjær M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. Scan J Med Sci Sports 2010;20(1):49-64.
4. Ma JF, Mall DT, Gallouzi I-E. The impact of mRNA turnover and translation on age-related muscle loss. Ageing Res Rev 2012;11:432-41.
5. Halil M, Gurel EJ, Kuyumcu ME, Karaismailoglu S, Yesil Y, Ozturk ZA, Yavuz BB, Cankurtaran M, Ariogul S. Digit (2D:4D) ratio is associated with muscle mass (MM) and strength (MS) in older adults: Possible effect

of in utero androgen exposure. Arch Gerontol and Geriatr 2013;56:358-63.
6. Hkkinen K. Neuromuscular and hormonal adaptation to resistance exercise in the elderly. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
7. Caserotti P. Strength training in elderly population: changes in mechanical muscle output and functional performance. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
8. Suominen H. Strength training for osteoporosis. In: W: Kellis E, Amiridis IG, Vrabas IS, editors. Book of Abstracts, 4th International Conference on Strength Training; 2004 Nov 3-7; Serres, Greece.
9. Pääsuke M, Ereline J, Gapeyeva H, Sander P, Sirkel S. Twitch potentation capacity of plantarflexor muscles in women with increasing age. Biol Sport 2002;19(3):213-23.
10. Trzaskoma Z. Maksymalna siła mięśniowa i moc maksymalna kobiet i mężczyzn uprawiających sport wyczynowo. Studia i Monografie: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie; 2003.
11. Kadi F. Effects of strength training on satellite cells and the regenerative potential of skeletal muscle: Aspects of aging and anabolic drug abuse. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
12. Harridge S. IGF-I expression in skeletal muscle following strength training in young and old individuals. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
13. Doherty TJ. The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and strength. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2001;4(6):503-8.
14. Dalton BH, Power GA, Vandervoort AA, Rice CL. The age-related slowing of voluntary shortening velocity exacerbates power loss during repeated fast knee extensions. Exp Gerontol 2012;47:85-92.
15. Trzaskoma Z, Trzaskoma L. Kompleksowe zwiększanie siły mięśniowej sportowców. Warszawa: Biblioteka Trenera, COS; 2001.
16. Błaszczyk JW, Czerwisz L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. Gerontologia Polska 2005;13(1):25-36.
17. Buford TW, Lott DJ, Marzetti E, Wohlgemuth SE, Vandenborne K, Pahor M, Leewenburgh C, Manini TM. Age-related differences in lower extremity tissue comparments and associations with physical function in older adults. Exp Gerontol 2012;47:38-44.
18. Mętel S, Jasiak-Tyrkalska B. Wpływ treningu fizycznego wykonywanego na powierzchniach niestabilnych z wykorzystaniem elastycznych taśm do ćwiczeń oporowych na sprawność funkcjonalną oraz jakoś życia osób starszych. Rehabilitacja Medyczna 2006;10(3):35-46.
19. Reeves ND, Maganaris CN, Norici MV. Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. J Physiol 2003;548(3):971-81.
20. Simpson RJ, Lowder TW, Spielmann G, Bigley AB, La Voy EC. Exercise and the aging immune system. Ageing Res Rev 2012;11:404-20.
21. Gruenewald TL, Seeman TE. Stress and aging: A biological double jeopardy? Annu Rev Gerontol Geriatr 2010;30(1):155-77.
22. Aoyagi Y, Shephard RJ. Sex differences in relationships between habitual physical activity and health in the elderly: Practical implications for epidemiologists based on pedometer/accelerometer data from the Nakanojo Study. Arch Gerontol Geriatr 2013;56:327-38.
23. Kimura K, Yasunaga A, Wang L-Q. Correlation between moderate daily physical activity and neurocognitive variability in healthy elderly people. Arch Gerontol Geriatr 2013;56:109-17.
24. Westcott WL. Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. Curr Sports Med Rep 2012;11(4):209-16.
25. Kalapotharakos VI, Michalopoulou M, Tokmakidis S, Godolias G, Strimpakos N, Karteroliotis K. Effects of a resistance exercise programme on the performance of inactive older adults. Int J Ther Rehabil 2004;11(7):318-23.
26. Jiménez Jiménez R, García-López D, de Souza-Teixeira F, Bresciani G, Martinez García R, De Paz Fernández JA. Effects of moderate-intensity eccentric training on maximal strength, power and muscular endurance in healthy older men. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
27. Folland JP, Mc Cauley TM, Phypers C, Hanson B, Mastana SS. The relationships of testosterone and AR CAG repeat genotype with knee extensor muscle function of young and older men. Exp Gerontol 2012;47:437-43.
28. Samuel D, Rowe P, Hood V, Nicol A. The relationships between muscle strength, biomechanical functional moments and health-related quality of life in non-elite older adults. Age Ageing 2012;41(2):224-30.
29. Żak M, Gryglewska B. Ocena wyników rehabilitacji osób po 85 roku życia z zaburzeniami sprawności funkcjonalnej. Rehabilitacja Medyczna 2006;10(2):20-4.
30. Suetta Ch. Use of strength training to accelerate recovery after immobilization and hospitalization in elderly individuals. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
31. Larsen AH, Thorlund JB, Puggaard L, Aagaard P. Counter Movement Jump characteristics pre and post intervention of explosive type strength training in elderly individuals. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
32. Ribeiro F, Brochado G. Low cost strength training program improve muscle strength in institutionalized elders. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength

Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
33. Ribeiro F, Oliveira J. Fatigability comparison of the knee extensors and flexors muscles during maximal concentric isokinetic contractions in older people. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
34. Borowiak E, Kostka T. Aktywność ruchowa a percepcja bólu u osób starszych – badanie wstępne. Medycyna Sportowa 2004;20(4):191-8.
35. Kostka T. Trening siłowy (oporowy) w promocji zdrowia i rehabilitacji. Pol Merkur Lekarski 2002;13(78):520-3.
36. Granacher U, Muehlbauer T, Zahner L, Gollhofer A, Kressig RW. Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. Sports Med 2011;41(5):377-400.
37. Elskamp ABM, Hartholt KA, Patka P, van Beeck EF, van der Cammen TJM. Why older people refuse to participate in falls preventions trials: A qualitative study. Exp Gerontol 2012;47:342-5.
38. Elbar O, Tzedek J, Vered E, Shvorth G, Friger M, Melzer J. A water-based training program that includes perturbation exercises improves speed of voluntary stepping in older adults: A randomized controlled cross-over trial. Arch Gerontol Geriatr 2013;56:134-40.
39. Nagai K, Yamada M, Mori S, Tanaka B, Uemura K, Aoyama T, Ichihashi N, Tsuboyama T. Effect of the muscle coactivation during quiet standing on dynamic postural control in older adults. Arch Gerontol Geriatr 2013;56:129-33.
40. Pojednic RM, Clark DJ, Patten C, Reid K, Philips EM, Fielding RA. The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. Exp Gerontol 2012;47:608-13.
41. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: A critical determinant of physical functioning in older adults. Exerc Sport Sci Rev 2012;40(1):4-12.
42. Taaffe DR, Marcus R. Stan układu mięśniowo-szkieletowego u osób starszych. Rehabilitacja Medyczna 2001;5(3):19-27.
43. Gómez-Cabello A, Ara J, González-Agüero A, Casajus JA, Vincente-Rodrigez G. Effects of training on bone mass in older adults: A systematic review. Sports Med 2012;42(4):301-25.
44. Hagberg JM, Zmuda JM, McCole SD, Rodgers KS, Ferrell RE, Wilund KR, et al. Moderate Physical Activity is Associated with Higher Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. J Am Geriatr Soc 2001;49(11):1411-7.
45. Lewczuk E, Białoszewski D. Poziom aktywności fizycznej chorych na osteoporozę a upadki i ich profilaktyka. Ortop Traumatol Rehabil 2006;4(6):412-21.
46. Suetta C, Hvid LG, Justesen L, Christensen U, Neergaard K, Simonsen L, et al. Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. J Appl Physiol 2009;107:1172–80.
47. Targosiński P, Mańka J, Sosnowski A. Wpływ fizjoprofilaktyki na sprawność narządu ruchu osób w podeszłym wieku. Postępy Rehabilitacji 2001;15:75-80.
48. Cadore EL, Pinto RS, Alberton CL, Pinto SS, Lhullier FL, Tartaruga MP, et al. Neuromuscular economy, strength and endurance in healthy elderly men. J Strength Cond Res 2011;25(4):997-1003.
49. Henwood T, Tuckett A, Edelstein O, Bartlett H. Exercises in later life: The older adults perspective about resistance training. Ageing Soc 2011;31(8):1330-49.
50. Delecluse Ch, Colman V, Roelants M. Exercise programs for older man: Mode and intensity to induce the highest benefits in muscle strength. In: W: Kellis E, Amiridis IG, Vrabas IS, editors. Book of Abstracts, 4th International Conference on Strength Training; 2004 Nov 2004 Nov 3-7; Serres, Greece.
51. Hamar D. Medical aspects of strength training. In: W: Kellis E, Amiridis IG, Vrabas IS, editors. Book of Abstracts, 4th International Conference on Strength Training; 2004 Nov 2004 Nov 3-7; Serres, Greece.
52. Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, Pinto RS, Conceição M, Cunha G, et al. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. Exp Gerontol 2012;47:164-9.
53. Kałka D, Sobieszańska M, Marciniak W. Aktywność fizyczna jako element prewencji chorób sercowo-naczyniowych u osób w podeszłym wieku. Pol Merkur Lekarski 2007;22(127):48-53.
54. Gieremek K, Nowotny J, Gaździk TS, Cieśla W. Ograniczenia, utrudnienia i wymagania stawiane fizjoterapii u osób starszych. Fizjoterapia Polska 2007;4(7):198-205.
55. Pasek T, Kępiński M, Pasek J, Mucha R, Pitych T, Sierot A. Postępowanie fizjoterapeutyczne w geriatrii. Fizjoterapia Polska 2007;4(7):455-64.
56. Skrzek A. Aktywność fizyczna w profilaktyce osteoporozy u osób w podeszłym wieku. Fizjoterapia 2000;8(3):16-9.
57. Tederko P, Kiwerski J, Garwacka-Jodzis I. Osteoporoza: rola rehabilitacji w leczeniu i zapobieganiu. Ortop Traumatol Rehabil 2002;4(2):185-90.
58. Rowiński R, Dąbrowski A. Aktywność fizyczna Polaków w wieku podeszłym. In: Mossakowska M, Więcek A, Błędowski P, editors. Aspekty medyczne, psychologiczne, socjologiczne i ekonomiczne starzenia się ludzi w Polsce. Wydanie I Termedia Wydawnictwa Medyczne: Poznań; 2012, p. 531-48.
59. Bicka A, Kozdroń E. Aktywność ruchowa ludzi starszych czynnikiem adaptacyjnym do określonego wysiłku fizycznego. Kultura Fizyczna 2003;5(6):26-8.
60. Westcott WL, Beachle TR. Strength Training Past 50. 2nd Edition, Human Kinetics; 2007.
61. Holviala J, Kraemer j, Sillanpää E, Karppinen H, Avela J, Kauhanen A, et al. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. Eur J Appl Physiol 2012;112(4):1335-47.
62. Schulz BW, Hart-Hughes S, Gordon MT, Bulat T. Training implications of maximal forces on a computer-controlled and motor-driven leg press by age group, sex, footplate direction and speed. Exp Gerontol 2012;47:295-303.
63. Murlasits Z, Reed J, Wells K. Effect of resistance training frequency on physiological adaptations in older adults. J Exerc Sci Fit 2012;10(1):28-32.
64. Henwood TR, Taaffe DR. Detraining and Retraining in Older Adults Following Long-Term Muscle Power or Muscle Strength Specific Training. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2008;63(7):751-8.

65. Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, Leontsini D, et al. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. Br J Sports Med 2005;39:776-80.
66. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercises for muscular strength in older adults. Ageing Res Rev 2010;9:226-37.
67. Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, Gonzáles-Badillo JJ, Marques MC. Muscle performance and functional capacity retention in older women after high-speed power training cessation. Exp Gerontol 2012;47:620-4.
68. Sullivan DH, Roberson PK, Smith ES, Price JA, Bopp MM. Effects of Muscle Strength Training and Megestrol Acetate on Strength, Muscle Mass, and Function in Frail Older People. J Am Geriatr Soc 2007;55(1):20-8.
69. Rodacki CLN, Rodacki ALF, Pereira G, Naliwajko K, Coelho J, Pequito D, et al. Fish-oil supplementation enhances the effects of strength training in elderly women. Am J Clin Nutr 2012;35(2):428-36.
70. Cermak NM, Res PT, de Groot LGPGM, Soris WHN, van Loon LJC. Protein supplementation augments the adaptive responses of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. Am J Clin Nutr 2012;96(6):1454-64.
71. Tieland M, Dirks ML, van der Zwaluw N, Verdijk LB, van de Rest O, de Groot LGPGM, et al. Protein supplementation increases muscle mass gains during prolonged resistance-type exercise training in frail elderly people: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. J Am Med Dir Assoc 2012;13(8):713-9.
72. Hulmi JJ, Ahtiainen JP, Kaasalainen T, Volek JS, Pöllänen E, Alen M, et al. Effects of strength training and whey protein on acute resistance exercise-induced myostatin and cell cycle gene expression. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
73. Ryan AS, Ivey FM, Hurlbut DE, Martel GF, Lemmer JT, Sorkin JD, et al. Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. Scand J Med Sci Sports 2004;14(1):16-23.
74. Sandfeld J, Jensen BR. Fine motor control in young and elderly before and after 5-week period of strength training. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J, editors. Abstracts of International Conference on Strength Training for Sport, Health, Aging and Rehabilitation; 2006 Oct 18-21; Odense, Denmark.
75. Herman S, Kiely DK, Leveille S, O'Neill E, Cyberey S, Bean JF. Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2005;60(4):476-80.
76. Persch LN, Ugrinowitch C, Pereira G, Rodacki ALF. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly. A randomized controlled trail. Clin Biomech 2009;24(10): 819-25.
77. Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, Bastos E, Gonzáles-Badillo JJ, et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. Exp Gerontol 2012;47:250-5.
78. Woo J, Hong A, Lau E, Lynn H. A randomised controlled trial of Tai Chi and resistance exercise on bone health, muscle strength and balance in community-living elderly people. Age Ageing 2007;36:262-8.
79. Kozdroń E. Zorganizowana rekreacja ruchowa kobiet w starszym wieku w środowisku miejskim. Studia i Monografie: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie; 2006.
80. Ouwehand C, de Ridder DTD, Bensing JM. A review of successful aging models: Proposing proactive coping as an important additional strategy. Clin Psychol Rev 2007;27(8):873-84.