

PROGRAM WIELOLETNI  
pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”  
III etap, okres realizacji: lata 2014-2016

Część A: Program realizacji zadań w zakresie służb państwowych

Projekt I.P.08: Badanie możliwości fizycznych i psychomotorycznych starszych pracowników w aspekcie przedłużenia aktywności zawodowej

**Danuta Roman-Liu**

# **Dostosowanie stanowisk pracy do możliwości fizycznych starszych pracowników**

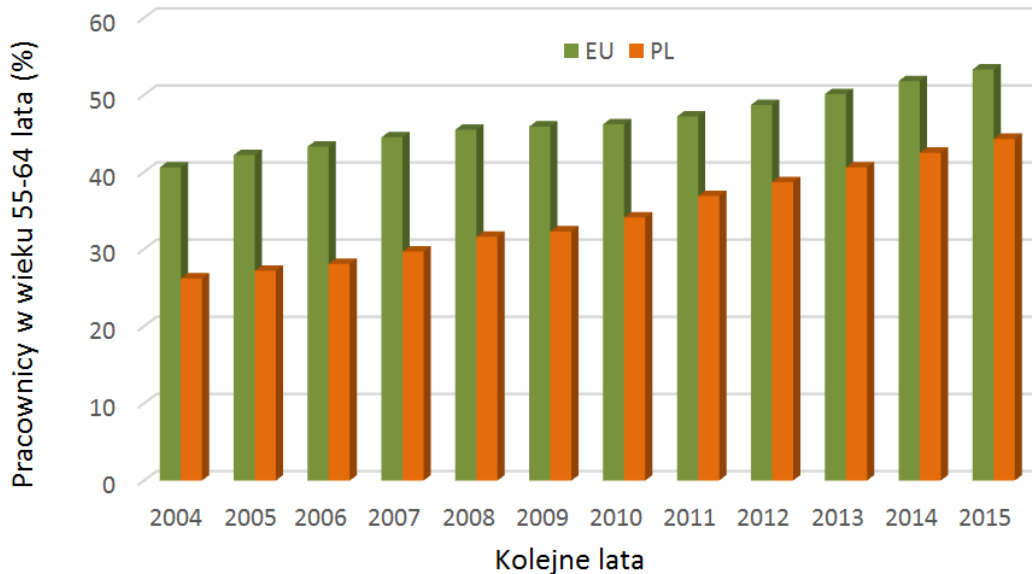
**poradnik**

## Spis treści

Wprowadzenie .....	2
Charakterystyka stanowiska i procesu pracy .....	5
Charakterystyka psychofizycznych możliwości pracownika.....	9
<b>Siła mięśnia i możliwości siłowe pracownika</b> .....	10
<b>Utrzymywanie równowagi</b> .....	12
<b>Precyzja w koordynacji wzrokowo-ruchowej</b> .....	13
Ocena obciążenia pracownika na stanowisku pracy.....	15
<b>Metody oceny</b> .....	15
<b>Modyfikacja siły z uwzględnieniem populacji pracowników starszych</b> .....	18
<b>Modyfikacja sekwencji czasu z uwzględnieniem populacji pracowników starszych</b> .....	20
Działania zaradcze - Dostosowanie stanowisk pracy do możliwości osób starszych .....	22
<b>Czynności wykonywane w wymuszonych pozycjach ciała</b> .....	22
<b>Czynności powodujące powtarzalne obciążenie kończyn górnych</b> .....	24
<b>Czynności wymagające wywierania sił o dużych wartościach</b> .....	25
<b>Czynności pracy zakłócające utrzymanie równowagi ciała</b> .....	29
Działania zaradcze - Zwiększenie możliwości psychofizycznych pracowników starszych.....	31
Bibliografia.....	33

## Wprowadzenie

Ze względu na zmiany demograficzne i związane z tym wydłużenie okresu aktywności zawodowej odsetek starszych pracowników w ogólnej populacji pracujących jest coraz większy zarówno w krajach Unii Europejskiej jak i w Polsce (rys.1). Zatem aspekt zmian zachodzących z wiekiem nabiera szczególnego znaczenia.



Rys.1. Zmiana udziału procentowego pracowników w wieku 55-64 w ogólnej populacji pracowników ogółem w krajach EU i w Polsce (Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdde100>)

Występuje wiele zalet zatrudniania i zatrzymywania w pracy pracowników w starszym wieku. Dlatego uzasadnione jest, również ekonomicznie, opracowanie działań ułatwiających i zachęcających starszych pracowników do pozostania w pracy. Starszym pracownikom przypisywanych jest wiele cech opartych na doświadczeniu, lojalności, zaangażowaniu i odpowiedzialności. Doświadczenie uzyskane zarówno w wyniku popełniania błędów jak i osiągnięcia sukcesów często wyposaża pracownika w mechanizmy rozumienia czego się od niego oczekuje oraz jak jego praca wpływa na innych. Nabyte umiejętności zawodowe i interpersonalne sprzyjają starszym pracownikom w wykonywaniu zadań przypisanych stanowiskom kierowniczym i w podejmowaniu kluczowych decyzji. Z drugiej strony starsi pracownicy jako osoby posiadające silniejsze relacje między pracownicze i bardziej pewni swojej wiedzy, często stanowią wzór do naśladowania i stają się mentorami dla pracowników młodszych, nawet jeżeli nie mają takiej samej wiedzy technicznej.

Wiele opinii wskazuje, że starsi pracownicy: a) wykazują większy stopień profesjonalizmu i etyki pracy niż młodszy pracownicy; b) są bardziej skłonni do dzielenia się z innymi zarówno swoimi pomysłami jak i przyznawania się do występowania problemów; c) są bardziej zainteresowani stabilnością; d) rozumieją potrzebę postępowania zgodnie z zasadami pracy i wytycznymi firmy; e) mają mniejszą absencję i są bardziej skłonni pracować dla poczucia satysfakcji, motywowani pragnieniem lub pasją.

Jednakże, zarządzanie i praca ze starszymi pracownikami może także stwarzać problemy. Dotyczy to przede wszystkim aspektów zdrowotnych związanych ze zmianami struktury psychofizycznej organizmów żywych wraz z wiekiem. Wraz z wiekiem zachodzą zmiany zarówno w możliwościach siłowych populacji pracowników jak i zmiany w umiejętnościach wykonywania czynności uwarunkowanych koordynacją wzrokowo-ruchową. Zmiany te wpływają na możliwości wykonywania pracy zawodowej i mogą utrudniać lub w ogóle uniemożliwiać starszym pracownikom wykonywanie pewnych zadań w sposób skuteczny. Wykonywanie pracy może także zwiększać zagrożenie np. rozwojem dolegliwości mięśniowo-szkieletowych. Zmiany w centralnym układzie nerwowym, obwodowym układzie nerwowym i w układzie mięśniowo-szkieletowym wywołane procesem starzenia powodują ograniczenia w możliwościach psychofizycznych oraz w funkcjonowaniu, co może sprzyjać zarówno wypadkom podczas pracy, jak i rozwojowi chorób i dolegliwości.

Jednakże, sam dojrzały wiek nie jest równoznaczny ze zmniejszeniem możliwości wykonywania pracy. Wiele osób powyżej 60 roku życia może kontynuować pracę przez wiele lat, jeśli otrzymają odpowiednie wsparcie. Wsparcie to powinno przede wszystkim dotyczyć dopasowania stanowisk pracy do możliwości pracowników. Zarządzanie efektywnością w przypadku starszych pracowników jest możliwe i może zapobiegać wielu problemom.

Stanowiska pracy na których wymagania psychofizyczne w stosunku do pracowników są wysokie pociągają za sobą potrzebę przeprowadzenia zmian w procesach i sposobach wykonywania pracy tak, aby wykonywane czynności pracy nie powodowały zagrożeń. Pracownicy starsi mogą pracować na stanowiskach gdzie wykonywane są czynności pracy o mniejszym obciążeniu fizycznym. Stanowiska pracy mogą być także zmodyfikowane z uwzględnieniem potrzeb starszych pracowników, np. poprzez zastosowanie większych ekranów komputerowych i/lub bardziej odpowiednich krzeseł. Udoskonalenie stanowisk pracy pod kątem optymalizacji obciążenia mięśniowo-szkieletowego może przyczynić się do obniżenia obciążenia i poprzez to do zmniejszenia prawdopodobieństwa rozwoju MSDs.

Ważnym elementem zarządzania efektywnością i utrzymywania pracowników w dobrym zdrowiu na stanowisku pracy są działania służące określeniu psychofizycznej charakterystyki

pracownika, charakterystyki stanowiska pracy, dokonanie oceny danego pracownika na danym stanowisku pracy oraz podjęcie działań zaradczych (rys.2.).



Rys. 2. Działania służące utrzymaniu zdrowia pracowników i ich zdolności do pracy.

Nie ma wymogu prawnego nakładającego na pracodawcę przyjęcia szczególnej polityki dla starszych pracowników. Jednak przedsiębiorcy mają prawny obowiązek promowania i zapewnienia bezpiecznej pracy. Miejsce pracy stwarza różne bariery dla każdego. Pracownicy mają prawo być traktowani w sposób wolny od dyskryminacji, a pracownicy starsi i niepełnosprawni mają prawo do uzasadnionych zmian na stanowisku pracy. W przypadku grupy pracowników starszych dopasowaniu stanowiska do możliwości pracownika powinno się poświęcić więcej uwagi. Aktywne i innowacyjne praktyki służące poprawie stanowisk pracy mogą przynieść realne korzyści biznesowe.

## Charakterystyka stanowiska i procesu pracy

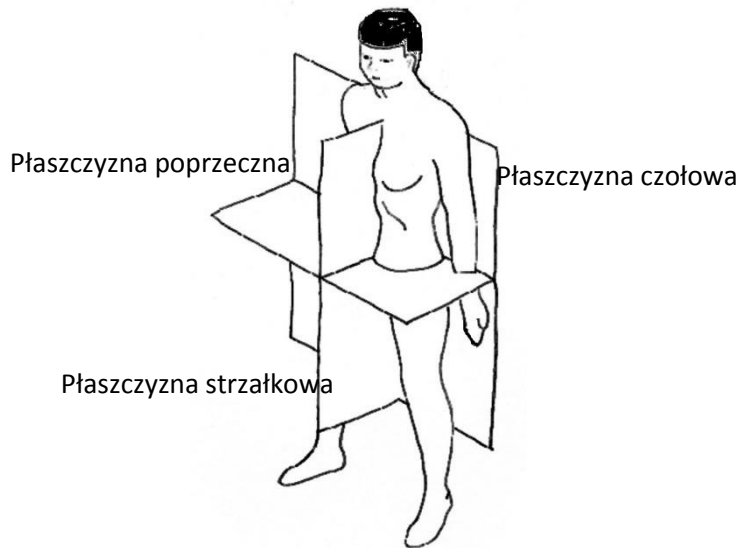
Na stanowiskach pracy wykonywane są różnorodne czynności w pozycjach ciała zdeterminowanych strukturą przestrzenną stanowiska. Niektóre spośród wykonywanych czynności wymagają przyjmowania ekstremalnych pozycji ciała i/lub wywierania dużych sił. Przeważająca większość z wykonywanych czynności wymaga utrzymania równowagi ciała niezbędnej podczas wykonywania wszystkich czynności w stojącej pozycji ciała, zarówno tych, w których praca wykonywana jest bez znaczącej zmiany pozycji ciała jak i tych wymagających przemieszczania się pracownika.

Wykazano, że istnieje bezpośredni związek między obciążeniem układu mięśniowo-szkieletowego na stanowisku pracy a rozwojem dolegliwości mięśniowo-szkieletowych (MSDs). Dolegliwości mięśniowo-szkieletowe mają swoje źródło w wielu przyczynach, powiązanych zarówno z czynnikami biomechanicznymi jak i psychospołecznymi. Jednakże badania wykazały, że chociaż czynniki psychospołeczne mają znaczenie w rozwoju MSDs, to właśnie czynniki biomechaniczne odgrywają kluczową rolę. Zatem w kontekście zapobiegania rozwojowi MSDs, najbardziej istotnymi są te właściwości stanowiska, które odnoszą się do obciążenia pracownika czynnikami biomechanicznymi. Do tych czynników należy pozycja ciała przyjmowana podczas pracy, wywierane siły oraz rytm pracy opisujący sekwencje czasu z różnym obciążeniem zależnym od pozycji ciała i wywieranej siły (Roman-Liu, 2015).

Pozycja ciała podczas pracy uwarunkowana jest położeniem stref pracy dla rąk i nóg oraz stref obserwacji i identyfikacji wzrokowej, których położenie zależy od struktury przestrzennej stanowiska pracy. Struktura przestrzenna stanowiska pracy utworzona jest poprzez jego konstrukcję, kształt, wielkość i wzajemne położenie jego elementów. Szczególne znaczenie ma położenie tych elementów stanowiska pracy, które wchodzi w bezpośredni kontakt dotykowy lub wzrokowy z użytkownikiem, czyli poprzez tzw. punkty kontaktowe.

Pozycja ciała pracownika jest podstawowym czynnikiem determinującym obciążenie mięśniowo-szkieletowe wynikające z wykonywanej pracy. Za zmiany pozycji ciała odpowiada ruch w stawach tworzonych przez połączenia ruchome kości. Zatem położenie ciała w poszczególnych fazach ruchu definiowane jest wartościami kątów w stawach. W zależności od stawu łączącego sąsiadujące ze sobą segmenty ciała położenie wyrażane jest wartością kątów od jednego do trzech. Poszczególne pozycje ciała zarówno podczas ruchu jak i stałego utrzymywania pozycji opisywane są w trzech podstawowych płaszczyznach:

strzałkowej, czołowej i poprzecznej (rys.3). Położenie płaszczyzn tak jak to przedstawiono na rys. 3 jest położeniem podstawowym. Jednakże, układ płaszczyzn może być przesuwany, np. środek układu może się pokrywać z osią obrotu ramienia.



Rys.3. Podstawowe płaszczyzny umożliwiające definiowanie pozycji ciała.

Ruchy we wszystkich stawach mierzone są w odniesieniu do pozycji naturalnej, czyli takiej w której wartości wszystkich kątów wynoszą zero. Jest to taka pozycja ciała, w której ustawienia stawów są takie jak u człowieka w pozycji stojącej z kończynami górnymi zwieszonymi wzdłuż tułowia, z rękami skierowanymi dłońmi do przodu. Ruchy zginania i prostowania zachodzą w płaszczyznach osi poprzecznej stawu i przebiegają w płaszczyźnie strzałkowej. Natomiast ruchy odwodzenia i przywodzenia odbywają się w płaszczyźnie czołowej dookoła osi strzałkowej. Trzeci rodzaj ruchów czyli obrotowe na zewnątrz i wewnątrz zachodzą wokół osi pionowej i odbywają się w płaszczyźnie poziomej.

Siły wywierane na stanowisku pracy tzw. siły zewnętrzne uwarunkowane są rodzajem wykonywanej pracy. Wartości, kierunek i typ siły mają znaczenie dla całościowego obciążenia mięśniowo-szkieletowego podczas pracy. Z pracą powiązane są różne typy aktywności siłowej, czyli wywierana siła może być np. siłą związaną z podnoszeniem dużych ładunków lub ściskaniem przedmiotu w ręku. Aktywność siłowa może wymagać aktywowania mięśni całego ciała, lub tylko mięśni kończyny górnej czy mięśni przedramienia i ręki bądź siły wywieranej kończyną dolną np. podczas naciskania na pedał.

Pozycja ciała wraz z wywieraną siłą składają się na biomechaniczne obciążenie w danej chwili czasu. Zmiana pozycji i/lub siły powoduje także zmianę wielkości tego obciążenia. Zatem zmiany powodują występowanie określonych sekwencji obciążenia o różnej wartości w czasie

zmiany roboczej. W ciągu dnia pracy wykonywany jest szereg czynności, który może być określony jako cykl pracy. Jeden cykl pracy może trwać całą zmianę roboczą wówczas, gdy sekwencje wykonywanych czynności nie powtarzają się. Jednakże, na dzień pracy mogą także składać się czynności powtarzane jako sekwencja kilku czynności. Jeżeli określona sekwencja czynności pracy powtarzana jest wielokrotnie, czyli cykl pracy jest krótki, praca jest określana jako powtarzalna.

Praca jest więc opisywana parametrami związanymi z czynnikami biomechanicznymi decydującymi o obciążeniu układu mięśniowo-szkieletowego takimi jak położenie członów ciała względem siebie i wywierana siła. W odniesieniu do czasu praca jest charakteryzowana takimi parametrami jak czas wykonywania sekwencji czynności (długość cyklu), długość poszczególnych faz cyklu, oraz liczba faz cyklu. W pewnych przypadkach, w zależności od wzajemnych relacji tych parametrów, praca może być określana jako powtarzalna lub jako praca o charakterze statycznym.

Praca o charakterze statycznym występuje przy niewielkiej liczbie cykli a w szczególnym przypadku wówczas, gdy występuje tylko jeden cykl o stałym obciążeniu. Wymaga to izometrycznego skurczu mięśnia lub grupy zaangażowanych mięśni, w trakcie którego długość określonego mięśnia (kąt w stawie) nie ulega zmianie. Taka sytuacja nie jest możliwa przez długi czas pracy. W praktyce występują zmiany w aktywności mięśni wykonujących pracę, powiązane ze zmianą pozycji ciała i/lub siły co powoduje wielofazowy cykl pracy. Przy wielofazowym cyklu pracy występuje zróżnicowanie siłowe każdej z faz. Zróżnicowanie siłowe dotyczy zarówno typu siły faz cyklu pracy jak i wartości względnej każdego z typów siły. Praca powtarzalna to taka praca podczas której wykonywane są podobne cykle czynności roboczych w sensie sekwencji czasowych, rozwijanych sił mięśniowych oraz przestrzennej charakterystyki ruchów. Należy podkreślić, iż nie ma ścisłych kryteriów względem których następowałoby ilościowe zróżnicowanie wysiłku na statyczny bądź dynamiczny lub pracę powtarzalną. Określenia te służą jedynie scharakteryzowaniu wykonywanej pracy.

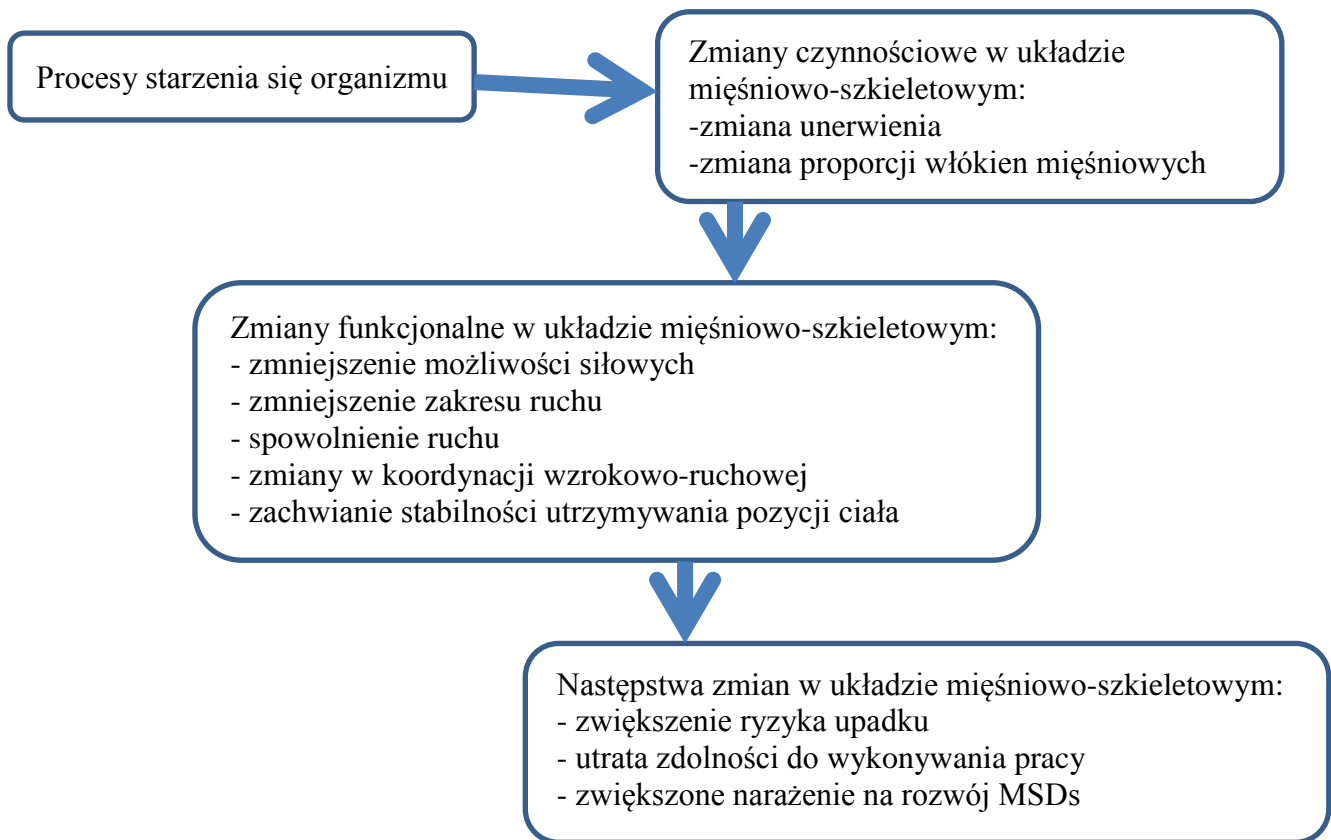
Zazwyczaj wykonywanie każdej czynności pracy wymaga zaangażowania całego ciała, z tym, że różne obszary ciała zaangażowane są w różny sposób. I tak, podczas prac wykonywanych w pozycji stojącej występuje zazwyczaj zaangażowanie ruchowe kończyn górnych, kończyn dolnych i pleców. Jednakże, zarówno w stojącej jak i siedzącej pozycji ciała występują takie czynności, podczas których ruchowo zaangażowane są jedynie kończyny górne, podczas gdy kończyny dolne i plecy obciążone są wysiłkiem o charakterze statycznym powiązany z utrzymywaniem określonej pozycji ciała. Występują również takie czynności pracy, które angażują ruchowo tylko niektóre człony kończyny górnej jak np, rękę przy nieruchomym



ramieniu i przedramieniu. Powoduje to z jednej strony obciążenie pewnych partii ciała pracą powtarzalną, z drugiej natomiast obciążenie statyczne innych części ciała zaangażowanych w utrzymywanie pozycji.

## Charakterystyka psychofizycznych możliwości pracownika

Wymagania stanowiska pracy powinny być dostosowane do możliwości psychofizycznych pracownika. Starzenie jest procesem wieloczynnikowym związanym z postępującymi w czasie zmianami anatomicznymi i fizjologicznymi, prowadzącymi do zmniejszenia istniejących rezerw organizmu. Proces starzenia powoduje zmiany w centralnym układzie nerwowym, obwodowym układzie nerwowym i w układzie mięśniowo-szkieletowym. Na poziomie funkcjonowania jako konsekwencja postępujących zmian fizjologicznych wraz z wiekiem występuje spadek możliwości siłowych, w tym spadek kontroli siły i ograniczenia ruchu w stawach (rys.4). Dlatego też, w powiązaniu z wymaganiami stawianymi przez stanowiska i procesy pracy stan psychofizyczny pracownika na poziomie funkcjonalnym oceniany jest poprzez siłę mięśniową, zakresy ruchu w stawach, umiejętność koordynacji wzrokowo-ruchowej, ale także poprzez umiejętność utrzymania równowagi ciała.



Rys.4. Wpływ starzenia się na możliwości wykonywania pracy zawodowej.

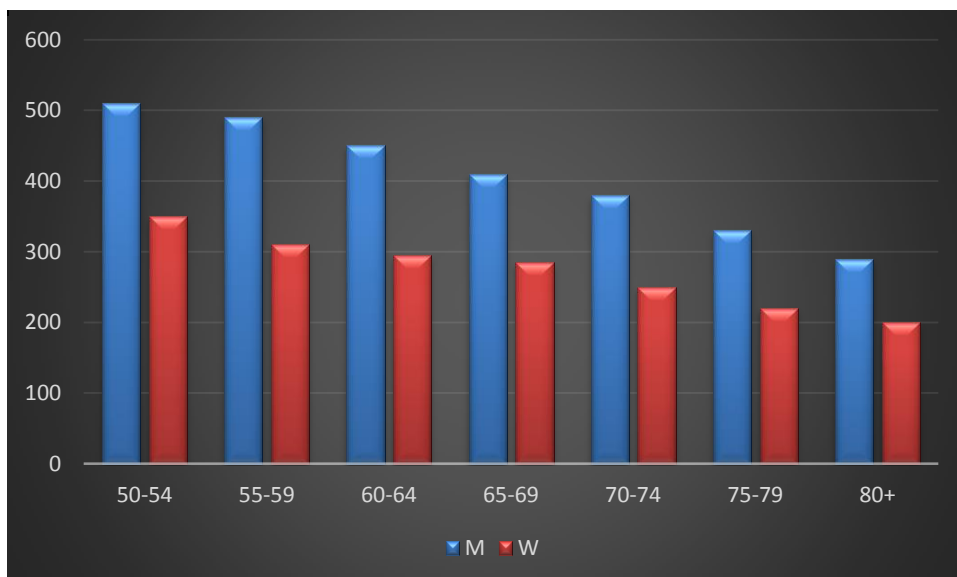
## Siła mięśnia i możliwości siłowe pracownika

Wraz z wiekiem dochodzi do zaniku jednostek motorycznych odpowiedzialnych za skurcz włókien mięśniowych. Występuje utrata neuronów ruchowych i zmniejszenie się liczby jednostek motorycznych podczas gdy w pozostałych jednostkach następuje spadek wielkości pojedynczej jednostki motorycznej wraz ze zwolnieniem szybkości skurczu mięśni. W wyniku tego zmienia się sposób i częstotliwość pobudzania mięśni (Budzińska 2005).

Stopniowa degeneracja układu nerwowego sterującego pracą mięśni jest głównym czynnikiem prowadzącym do obniżenia się masy mięśniowej.

Zmniejszenie masy mięśniowej sprzyja pogorszeniu funkcji mięśni co wyraża się spadkiem możliwości siłowych. Najwyższa masa mięśni i siły jest zazwyczaj osiągnięta wokół drugiej i trzeciej dekady życia. Postępujący spadek masy mięśni i powiązana z tym zdolność do generowania siły (Fielding i inni, 2011) rozpoczyna się w wieku 40-60 (Porter i inni, 1995; Faulkner i inni, 2007). W wieku 80 lat, możliwości siłowe wynoszą średnio około 60% siły uzyskiwanej w wieku 20-30 lat (Doherty, 2003).

Możliwości siłowe opisują różne cechy funkcji mięśni, takie jak siła izometryczna, izokinetyczny moment obrotowy oraz moc. Przy czym istotne jest podkreślenie, że spadek możliwości siłowych dotyczy wszystkich grup mięśniowych. Na rys.5 przedstawiono wartości siły prostowania kolana w podgrupach populacji osób starszych (Chen i inni, 2013).

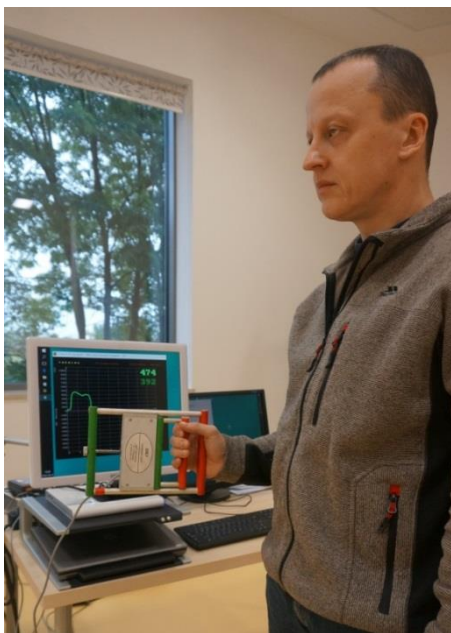


Rys.5. Siła prostowania kolana w podgrupach populacji osób starszych (Chen i inni, 2013) (M-mężczyźni; W – Kobiety).

W przypadku oceny możliwości siłowych kończyny górnej najczęściej stosowane są pomiary siły maksymalnej ścisku ręki jako wskaźnika możliwości siłowych. Ten parametr jest również stosowany dla oceny spadku siły mięśni podczas procesu starzenia (Pereira i inni, 2011; Cruz-Jentoft i inni, 2010). Na rys. 6 przedstawiono sposób pomiaru siły ścisku ręki.

Wartości maksymalne siły są różne w zależności od czynników biomechanicznych, czyli położenia ciała i typu aktywności siłowej. Wartości te zależą także od populacji osób poddanych badaniom. Znaczenie dla możliwości siłowych mają nie tylko czynniki indywidualne wynikające z wieku ale także z płci pracowników. Siła zewnętrzna mierzona u kobiet stanowi około 75% siły mierzonej u mężczyzn, co wynika głównie z różnic w masie mięśniowej obu populacji (Balogun i inni, 1991; Su i inni, 1994; Hallbeck i McMullin, 1993; Mathiwetz i inni, 1985; Imhran, 1991).

**Na stanowiskach na których pracują osoby starsze należy ograniczyć wywierane siły o 14% dla populacji mężczyzn i 24% dla populacji kobiet.**



Rys. 6. Pomiar siły mięśni kończyny górnej (laboratorium oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego CIOP-PIB).

## Utrzymywanie równowagi

Zmniejszenie siły mięśni wskazuje się jako jedną z przyczyn zakłócenia w utrzymaniu równowagi ciała. Jako inne przyczyny w kontroli utrzymywania pozycji ciała starszych osób sugerowane są zmiany spowodowane zmniejszeniem wrażliwości systemu kontroli pozycji ciała (Melzer i inni 2010). Upadki stanowią jedną z najważniejszych kwestii dotyczących zdrowia osób starszych.

Utrzymanie równowagi ciała wymaga współdziałania informacji dostarczanych przez czujniki równowagi (wizualne, błędniaka i somatosensoryczne), centralnej integracji tych sygnałów w mózgu i reakcji motorycznej. Układ nerwowy integruje informacje wizualne i somatosensoryczne w celu utrzymania wyprostowanej pozycji ciała. Równowaga stabilna jest definiowana jako zdolność do utrzymania i kontroli środka masy ciała. Zmiany w układzie nerwowym i mięśniowo-szkieletowym mogą być odpowiedzialne za zwiększanie się przypadków upadku w populacji osób starszych. Indywidualne czynniki wpływające na podatność na występowanie upadku obejmują, postępujące z naturalnymi procesami starzenia, zaburzenia równowagi i zmniejszenie siły kończyn dolnych. Starsze osoby mają tendencję do większych zmian w położeniu środka masy podczas stania w miejscu, w porównaniu do młodych osób dorosłych.

Do pomiaru w warunkach laboratoryjnych parametrów charakteryzujących wychylenie z położenia równowagi stosowana jest posturografia, która korzysta z platform dynamometrycznych do pomiaru ruchu środka ciężkości. Na rys. 8 przedstawiono sposób pomiaru stabilności utrzymywania równowagi.

Jako pośrednie miary utrzymywania równowagi pozycji ciała i w badaniach posturograficznych stosowane są parametry opisujące położenie środka ciężkości (CoP center of pressure) zamiast położenia środka masy (CoM - center of mass), ze względu na prostotę pomiaru. CoP jest zdefiniowany jako rzut na podstawę środka ciężkości ciała i pośrednią miarą równowagi ciała i jest opisane wspólnie przez osie AP (przednio-tylną) i ML (przyśrodkowo-boczną). Długość drogi ruchu wokół CoP, zakresy ruchu w płaszczyznach AP i ML oraz prędkości ruchu w otoczeniu CoP również okazały się skutecznymi parametrami będącymi narzędziem monitorowania utrzymywania pozycji ciała.

Parametry opisujące wychylenie z położenia równowagi stanowią mierniki wychylenia z położenia równowagi i są użytecznym wskaźnikiem ryzyka upadków. Niektóre dane uzyskane z platformy dynamometrycznej w badaniach posturograficznych mogą mieć wartość prognostyczną dla skłonności do upadków.



Rys.7. Pomiar stabilnej równowagi ciała (laboratorium oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego CIOP-PIB).

### **Precyzja w koordynacji wzrokowo-ruchowej**

Wraz z wiekiem zachodzą nie tylko zmiany w możliwościach siłowych populacji pracowników. Powszechnie uznaje się, że starzenie wpływa na funkcje chwytu oraz zdolność do czynności manipulacyjnych. Ma to szczególne znaczenie, gdyż codzienne funkcjonowanie związane z pracą jest w dużym stopniu określone funkcjami i sprawnością manualną ręki. Ręka musi być w stanie wykonywać zadania wymagające wywierania dużej siły, jak i podejmować ruchy bardzo drobne i delikatne. Funkcje motoryczne ręki mają znaczenie dla wykonywania czynności manipulacyjnych, w tym kontroli siły palców, także w przypadku wykonywania codziennych czynności takich jak zapinanie guzików, używanie klucza, lub cięcie nożem.

W zadaniach czuciowo-ruchowych wywierana siła nie jest stała, lecz zmienia się wokół wartości średniej. Wynika to z faktu, że dotykowa informacja od samych receptorów skóry oraz receptorów proprioceptywnych jest niewystarczająca aby utrzymać stałą siłę docelową. Dokładność w wykonywaniu czynności oraz dokładność wywieranej siły uwarunkowane są możliwościami mięśni takimi jak siła czy prędkość skurczu, które podlegają zmianom wraz z wiekiem. Ze względu na to, że osoby starsze używają nadmiernej siły oraz mają spowolnione

ruchy, przebieg wywieranej siły jest mniej dokładny i bardziej zróżnicowany w porównaniu do osób młodszych. Powoduje to, że osoby starsze mają większą niedokładność w odwzorowywaniu siły, niż osoby młodsze szczególnie gdy wywierane są siły o małej wartości.

W przypadkach gdy siła wywierana na określonym poziomie jest śledzona wizualnie mówi się o zadaniach koordynacji wzrokowo-ruchowej. Obecność wahań siły podczas skurczu wpływa na zdolność jednostki do osiągnięcia żadanego poziomu sił i wytworzenia zamierzonej trajektorii. Związane z wiekiem zmiany są bardziej widoczne, gdy stałe wartości bezwzględne poziomu siły są prezentowane w porównaniu z poziomem siły względnej. Zmiany właściwości mięśni szkieletowych mogą powodować zmniejszenie dokładności i precyzji wykonywanych czynności, co może stanowić jedną z przyczyn wypadków przy pracy, a w konsekwencji utratę zdrowia oraz pojawianie się częstych dolegliwości bólowych i schorzeń mięśniowo-szkieletowych.

Konieczność wykonywania czynności z dużą dokładnością zwiększa obciążenie mięśni przedramienia (nawet o 43%) i zwiększa postrzeganą przez pracowników trudność wykonania czynności (Escorpizo i Moore 2007). Wskazuje się także, że wykonywanie czynności manipulacyjnych może być przyczyną rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych (Ciriello i inni, 2001). Zatem dla określenia funkcjonalności i obciążenia powiązanego z wykonywanymi czynnościami pracy istotne mogą być parametry opisujące dokładność wykonywania ruchów manipulacyjnych.

# Ocena obciążenia pracownika na stanowisku pracy

## Metody oceny

Do zmniejszenia zasięgu dolegliwości mięśniowo-szkieletowych przyczynia się dostępność narzędzi umożliwiających określenie prawdopodobieństwa rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych w zależności od czynników ryzyka. Obciążenie mięśniowo-szkieletowe może być oceniane w oparciu o obciążenie zewnętrzne pracownika, czyli takie które może być wyrażone za pomocą parametrów opisujących biomechaniczne czynniki ryzyka oraz za pomocą obciążenia wewnętrznego czyli reakcji organizmu na to występujące obciążenie zewnętrzne. Do tego celu służą metody oceny obciążenia mięśniowo-szkieletowego.

W metodach oceny obciążenia zewnętrznego obciążenie oceniane jest na podstawie parametrów opisujących położenie poszczególnych członów ciała, siły wywieranej przez pracownika oraz sekwencji czasowych obciążenia. Metody oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego wynikającego z wykonywania czynności pracy są bardzo zróżnicowane ze względu na sposób definiowania danych wejściowych, ze względu na to, czy metoda umożliwia ocenę obciążenia za pomocą wskaźników bezwzględnych, czy też ocenę ryzyka związanego z rozwojem dolegliwości mięśniowo-szkieletowych poprzez odniesienie wartości wskaźnika obciążenia do wartości granicznych stref ryzyka.

Metody oceny obciążenia zewnętrznego są stosunkowo mało kosztowne i łatwe w zastosowaniu. Zazwyczaj metody oceny obciążenia zewnętrznego opierają się na prostych systemach oceny a ich opis jest dostępny w literaturze w sposób, który umożliwia ich szerokie stosowanie. Metody te różnią się między sobą zarówno w zależności od tego do jakich celów są stosowane jak i w zależności od procedur na jakich opierają swoją ocenę. Niektóre z tych metod mogą służyć do ogólnej oceny, ale metody mogą także być ukierunkowane na ocenę obciążenia, bądź ocenę ryzyka rozwoju dolegliwości w wybranych obszarach ciała, jak np. kręgosłup lędźwiowy bądź nadgarstki.

Ocena obciążenia z zastosowaniem dostępnych metod przeprowadzana jest bez uwzględnienia zmian możliwości siłowych i wydolnościowych wraz z wiekiem. Oznacza to, że dla osób starszych charakteryzujących się mniejszymi możliwościami siłowymi i wydolnościowymi rzeczywiste obciążenie jest większe niż to ocenione z zastosowaniem określonej metody. Zaproponowanie modyfikacji metod, takiej która uwzględniałaby zmiany charakterystycznych parametrów z wiekiem dałoby możliwość bardziej adekwatnej oceny pracowników starszych i poprzez to zmniejszenie obciążenia tych pracowników w pracy.



Opracowane w ramach realizacji prezentowanego projektu zależności matematyczne mogą posłużyć do celu modyfikacji metod oceny obciążenia zewnętrznego tak aby uwzględnione zostały możliwości psychofizyczne pracowników starszych.

Ocena obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego wynikającego z wykonywania czynności pracy może się odbywać jako ocena obciążenia wewnętrznego lub jako ocena obciążenia zewnętrznego. Obciążenie wewnętrzne oceniane jest jako reakcja organizmu na zadawane obciążenie zewnętrzne. Obciążenie wewnętrzne i zmęczenie, powstające na skutek obciążenia zewnętrznego może być określane poprzez różne wskaźniki fizjologiczne reakcji organizmu jak np. częstość skurczów serca, ciśnienie krwi, subiektywna ocena zmęczenia, wydatek energetyczny, możliwości wywierania siły zewnętrznej na określonym poziomie oraz zmiana czynności elektrycznej mięśni zaangażowanych w wykonywanie czynności pracy. Obciążenie zewnętrzne jest określane na podstawie parametrów opisujących czynniki biomechaniczne i odnoszące się do pozycji ciała, siły i czasu.

## obciążenie zewnętrzne i wewnętrzne na stanowisku pracy

Obciążenie zewnętrzne może być oszacowane jako funkcja parametrów opisujących wykonywaną czynność (pozycja ciała, wywierana siła sekwencje czasowe)

Obciążenie wewnętrzne jest reakcją organizmu na zadawane obciążenie zewnętrzne

**Metody:**

- NIOSH
- OCRA
- OWAS
- SHIFTRISK

**Metody:**

- sEMG
- EKG
- HR
- Wydatek energetyczny
- Ocena subiektywna



Rys. 9. Metody oceny obciążenia i ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych.

Istnieje wiele metod ukierunkowanych na ocenę obciążenia zewnętrznego i często także ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych (rys.9). Metody te skupiają się na ocenie obciążenia całego ciała bądź wybranych obszarów.

Przykładowo do całościowej oceny obciążenia z uwzględnieniem parametrów odnoszących się do pozycji ciała, siły i czasu służą metody OWAS (Karhu et al. 1977, 1981), LUBA (Kee and Karwowski 2001), RULA (McAtamney i Corlett 1993), REBA (McAtamney i Hignett 1995; Hignett i McAtamney 2000), NIOSH (Waters, 1993) czy SHIFTRISK (Roman-Liu, 2007). Również norma PN-EN 1005-4 przedstawia procedurę umożliwiającą ocenę obciążenia statycznego powiązanego z przyjmowaniem różnych pozycji ciała. Ocena obciążenia i ryzyka często jest ukierunkowana na jeden określony typ czynności pracy jak np. ręczny transport ładunków (NIOSH) czy obciążenie statyczne (OWAS). Do oceny ryzyka związanego z wykonywaniem prac powtarzalnych kończyn górnych mogą być stosowane takie metody jak OCRA (Occhipinti, 1998), Strei Index (Moore i Grag, 1995) ale również SHIFTRISK przy uwzględnieniu w ocenie tylko jednego obszaru ciała i w związku z tym wykorzystanie tylko części metody (Roman-Liu, 2007).

Dobór właściwej metody oceny obciążenia jest bardzo ważny dla skutków zdrowotnych dla pracowników. W różnych metodach ocena odnosi się do różnych obszarów ciała. Oznacza to że metody oceny mogą służyć do oceny ryzyka całego układu mięśniowo-szkieletowego, ale także mogą być ukierunkowane na ocenę ryzyka dolegliwości w różnych obszarach ciała jak np. kręgosłup lędźwiowy bądź nadgarstki.

Przyjęte w metodach założenia zostały opracowane dla ogólnej populacji pracowników. Ze względu na to, że metody oceny obciążenia mięśniowego uwzględniają czynniki odnoszące się do pozycji ciała, wywieranych sił i rytmu pracy a możliwości siłowe zależą od wzajemnego położenia członów ciała modyfikacja powinna dotyczyć przede wszystkim parametrów które odnoszą się do siły.

W powszechnie stosowanych metodach odniesienie do siły realizowane jest w różny sposób i z różną dokładnością. Najmniej dokładne odniesienie występuje w przypadku metody OWAS, w której określonym zakresom siły przypisywane są odpowiednie kody. Wartości graniczne siły ogólnej populacji pracowników pierwotnej wersji metody to 10 kg i 20 kg (Karhu i inni, 1977, 1981). W wersji zmodyfikowanej i dostosowanej do prawodawstwa jakie istnieje w Polsce w odniesieniu do populacji kobiet wartości graniczne to także 5 kg i 10 kg (Roman-Liu, 2014).

W podobny sposób występuje odniesienie do siły w metodach RULA i REBA, które są bardzo podobne w swojej strukturze. Występują tylko niewielkie różnice w wartościach sił

rozgraniczających wartości kodów pomiędzy tymi dwoma metodami. W metodzie RULA jako wartości graniczne uwzględniana jest wartość 2 kg i 10 kg. Natomiast w metodzie REBA granicami są wartości 4 i 10 kg.

### **Modyfikacja siły z uwzględnieniem populacji pracowników starszych**

Biorąc pod uwagę zmiany w możliwościach siłowych wraz z wiekiem w tych trzech metodach granice siły dla odpowiednich kodów należałoby obniżyć w przypadkach gdy na stanowisku pracy pracuje starszy pracownik. W metodach tych nie występuje podział na populację kobiet i mężczyzn, zatem przeskalowanie przeprowadzane jest z uwzględnieniem uśrednionych wartości zmian siły, czyli 15%. Wartości graniczne siły przeskalowanej dla starszych pracowników przedstawiono w tabeli 3. Należy jednakże uwzględnić, iż metody te opierają się na przypisywaniu zakresom siły kodów, co już samo w sobie jest obarczone błędem.

Tabela 3. Zmiany wartości granicznych klasyfikacji siły zewnętrznej w metodach RULA, REBA i OWAS w zależności od grup wiekowych pracowników.

RULA		REBA		OWAS	
Ogólna populacja	Populacja 60-69 lat	Ogólna populacja	Populacja 60-69 lat	Ogólna populacja	Populacja 60-69 lat
2 kg	1,7	3	2,4	11,5 kg	11,5 kg
10 kg	8,5	11,5 kg	11,5 kg	20	17

Do oceny obciążenia i ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych powiązanych z wykonywaniem prac powtarzalnych stosowana jest metoda NIOSH (Waters i inni, 1993). Sposób oceny z wykorzystaniem tej metody przedstawiono w normie PN-EN 1005-2. W metodzie tej ocena obciążenia opiera się na zależności matematycznej umożliwiającej obliczanie dopuszczalnej masy podnoszonych i podnoszonych przedmiotów. Wartość dopuszczalna masy obliczana jest jako iloczyn współczynników reprezentujących parametry odnoszące się do pozycji ciała i częstość powtórzeń czynności oraz innych czynników takich jak jakość chwytu, wykonywanie operacji jedną lub dwoma rękami, wykonywanie czynności podnoszenia zespołowo a także występowanie operacji dodatkowych.

Współczynniki przyjmują wartości ułamkowe. W przypadku sytuacji idealnej wartość współczynnika wynosi 1. Im czynnik, którego dotyczy współczynnik jest bardziej zagrażający

tym wartość współczynnika jest mniejsza. Istotną rolę w równaniu NIOSH odgrywa masa odniesienia. Masa odniesienia ( $M_{ref}$ ) określana w kg, jest maksymalną dopuszczalną masą do podnoszenia dla danej populacji. W metodzie, zawartej w normie, wartość odniesienia przyjmowana jest na podstawie tabeli 4. W tabeli uwzględniona jest populacja osób starszych wspólnie z populacją osób młodocianych.

Tabela 4. Wartości masy odniesienia ( $M_{ref}$ ) dla różnych populacji użytkowników (PN-EN 1005-2).

Pole zastosowania	$M_{ref}$ [kg]	Populacja [%]			Grupa w populacji	
		F&M	F	M		
W domu	5	Dane niedostępne			Dzieci i osoby starsze	Cała populacja
Praca stała	10	99	99	99	Osoby pracujące w domu	
	15	95	90	99	Populacja pracująca (+Y, +E)	Cała populacja pracująca
Praca dorywcza	25	85	70	90	Dorośla populacja pracująca	
	30	Dane niedostępne			Osoby zaawansowane – posiadające odpowiednie predyspozycje i przeszkolone	Osoby zaawans.
	35					
	40					
F – kobiety, M – mężczyźni, Y – dzieci, E – osoby starsze						

Jednakże, możliwe jest także uwzględnianie jako wartości odniesienia dopuszczalnych wartości masy określonych prawodawstwem danego kraju EU. Zatem w Polsce, zgodnie z rozporządzeniami, w przypadku pracy ciągłej byłoby to 30 kg dla mężczyzn i 12 kg dla kobiet. Po przeskalowaniu wartość masy odniesienia dla populacji mężczyzn w grupie wiekowej 60-69 lat wynosić będzie 26 kg, natomiast dla kobiet w tej samej grupie wiekowej 9 kg.

Inna sytuacja występuje w przypadku metod OCRA i SHIFTRISK. W metodzie OCRA siła wywierana w poszczególnych cyklach pracy wyrażana jest współczynnikiem siły który, w przypadku znanej populacji użytkowników, może zostać określony na podstawie oceny subiektywnej uciążliwości wywieranej siły. W takim przypadku nie ma potrzeby skalowania siły, gdyż ocena subiektywna wprowadza zróżnicowanie ze względu na możliwości siłowe. W przypadku nieznannej, zakładanej populacji pracowników współczynnik siły może zostać określony poprzez odniesienie siły wywieranej do siły określonej jako maksymalna dla ogólnej populacji pracowników.

W metodzie SHIFTRISK uwzględniono wielofazowy cykl pracy, przy zróżnicowaniu siłowym każdej z faz. Zróżnicowanie siłowe dotyczy zarówno typu siły faz cyklu pracy jak i wartości względnej każdego z typów siły. Dla każdego z typów aktywności siłowej możliwości siłowe i siła maksymalna zmienia się wraz ze zmianą położenia kończyny górnej.

Wśród aktywności siłowych kończyny górnej można wyróżnić takie, w które zaangażowana jest tylko ręka oraz takie, w których zaangażowana jest cała kończyna górna. Ręka umożliwia wykonywanie czynności manipulacyjnych takich jak np. ścisk ręki lub chwyt palcami. Wśród chwytów palcami najbardziej powszechnymi są chwyt szczypcowy (tip pinch), chwyt palcowy (palmar pinch) oraz chwyt boczny (lateral pinch). Jednym z podstawowych typów aktywności siłowej występujących w powiązaniu z czynnościami wykonywanymi na stanowisku pracy, w których zaangażowana jest cała kończyna górna, jest podnoszenie związane z ciężarem trzymanego lub przemieszczanego narzędzia jak również związane z siłą utrzymywania ciężaru kończyny górnej w określonym położeniu. Siła podnoszenia jest wywierana pionowo do góry jako reakcja na siłę ciężkości. Innymi, często występującymi na stanowisku pracy typami aktywności siłowej są siły: pchania, czyli siła związana z koniecznością przemieszczenia przedmiotu działająca od siebie wzdłuż osi nadgarstka, siłą chwytu przedmiotu wynikająca z jego ciężaru oraz siła (moment siły) odwracania i nawracania.

Zatem w obydwu metodach występują alternatywne sytuacje: gdy ocena przeprowadzana jest dla znanej populacji pracowników dla której siłę można zmierzyć (SHIFTRISK) lub oszacować subiektywnie (OCRA) oraz dla przewidywanej ogólnej populacji pracowników, gdy siła jest obliczana na podstawie zależności matematycznych lub przyjmowana z norm. W pierwszym przypadku nie ma potrzeby skalowania siły do odpowiedniej grupy wiekowej. W przypadku, gdy występuje odniesienie do założonych wartości siły maksymalnej, wartości maksymalne opisujące możliwości siłowe pracownika powinny być odpowiednio przeskalowane. Zmniejszenie obliczonej siły maksymalnej określającej możliwości siłowe pracownika o 15% spowoduje zwiększenie wartości siły względnej potrzebnej do wykonania danej czynności i uwzględnianej przy obliczaniu wskaźnika obciążenia. Wpłynie to na zwiększenie wartości wskaźnika obciążenia, co będzie dowodziło zwiększonego obciążenia mięśniowo-szkieletowego wykonywaną pracą.

### **Modyfikacja sekwencji czasu z uwzględnieniem populacji pracowników starszych**

Wyniki meta analizy wskazują, że koordynacja wzrokowo-ruchowa czyli dokładność wykonywania czynności precyzyjnych zmienia się wraz z wiekiem pracownika. Umiejętność koordynacji jest powiązana z precyzją wykonywania czynności pracy. Zatem w przypadku wykonywania czynności precyzyjnych w przypadku populacji osób starszych należałoby

wydłużyć czas trwania tych faz pracy, które zawierają czynności wymagające dużej precyzji. W metodach NIOSH, OWAS, RULA, REBA a także OCRA nie ma odniesienia do czasu trwania poszczególnych czynności pracy. Nie można zatem uwzględnić wymagań stawianych czynnościom precyzyjnym. Precyzję można natomiast uwzględnić w metodzie SHIFTRISK. W przypadku metody SHIFTRISK każdej czynności pracy przypisany jest czas jej trwania. Czas ten ma wpływ na obliczany wskaźnik obciążenia. Na etapie projektowania procesów pracy dla czynności wymagających dużej precyzji można założyć dłuższy czas wykonywania czynności precyzyjnych. Innym sposobem jest podczas obliczeń zwiększenie siły wywieranej podczas czynności precyzyjnych. W ten sposób zostanie zwiększona wartość siły względnej wpływającej na obliczony wskaźnik obciążenia. Z analizy wynika, że współczynnik zmienności dla populacji pracowników starszych wzrasta o 42%. Jednakże, nie można tej wartości przełożyć bezpośrednio na wartości tych parametrów które uwzględniane w metodach oceny obciążenia.

## **Działania zaradcze - Dostosowanie stanowisk pracy do możliwości osób starszych**

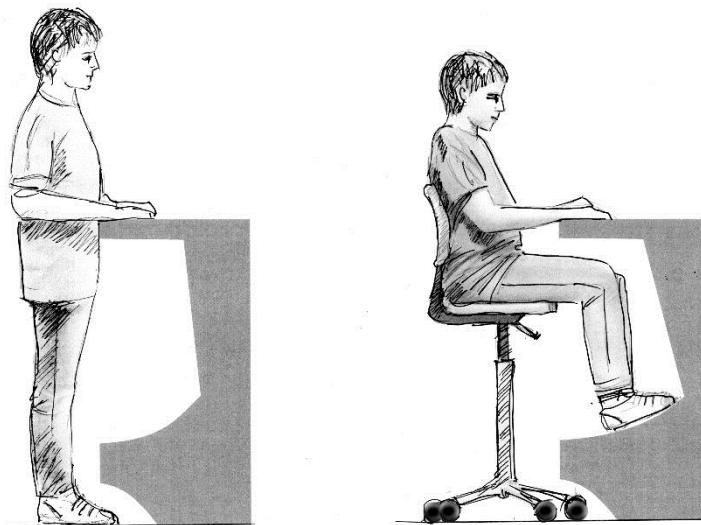
### **Czynności wykonywane w wymuszonych pozycjach ciała**

Takie stanowiska stanowią szczególne zagrożenie wówczas gdy praca ma charakter statyczny. W celu uzyskania optymalnych, ze względu na minimalizację obciążenia wewnętrznych struktur ciała pracownika, pozycji ciała użytkownika stanowiska pracy, wymagane jest dostosowanie przestrzennej struktury stanowiska pracy do wymiarów ciała. Istotne zatem jest, aby położenie punktów kontaktowych było dostosowane do charakterystyki wymiarowej docelowych użytkowników, często o zróżnicowanych wymiarach ciała.

Uwzględniając cechy funkcjonalne dla wyznaczenia przestrzennych stref pracy stosuje się kryteria odnoszące się zarówno do stref pracy określonych w płaszczyźnie poziomej jak i do wysokości przestrzeni pracy. Rekomendowany do pracy kończyn górnych jest obszar określony jako zasięg normalny, czyli taki, który wyznaczany jest kolejnymi położeniami środka dłoni, przy obrocie przedramienia względem stawu łokciowego i ograniczony poziomami wysokości barkowej i łokciowej. Mniej dogodnym zasięgiem kończyn górnych jest zasięg maksymalny, czyli taki, który jest wyznaczany kolejnymi położeniami środka dłoni przy ruchu całej wyprostowanej kończyny względem stawu barkowego. Zasięg wymuszony występuje przy przekroczeniu granicy zasięgu maksymalnego i jest połączony z ruchem tułowia. Prace wykonywane w obrębie zasięgu maksymalnego uznawane są za niekorzystne, ponieważ wymuszają nie tylko ekstremalne położenie kończyn górnych, ale także bardziej obciążają kręgosłup.

Szczególnie w przypadku pracowników starszych istotne jest unikanie obciążenia o charakterze statycznym. Ważna jest możliwość zmiany pozycji ciała zgodnie z potrzebami odnośnie zmiany obciążenia. Stąd też zaleca się wprowadzenie takich rozwiązań, które pozwolą na wykonywanie tych samych czynności zamiennie w stojącej lub siedzącej pozycji ciała w zależności od preferencji pracownika.

Rozwiązania te mogą dotyczyć specyficznego dostosowania struktury przestrzennej stanowiska pracy na przykład w sposób przedstawiony na rys.10. Mogą to też być udogodnienia nie wymagające znaczących nakładów (rys.11).



Rys.10. Jedno z ergonomicznych rozwiązań stanowiska pracy umożliwiających wykonywanie czynności w stojącej lub w siedzącej pozycji ciała.



Rys.11. Zastosowanie prostego rozwiązania w celu zmiany rodzaju obciążenia.



## **Czynności powodujące powtarzalne obciążenie kończyn górnych**

Praca powtarzalna może być rozumiana jako ciągle powtarzalne obciążanie tych samych obszarów ciała. Opisanie powtarzalności następuje poprzez częstość powtórzeń czynności różnicowanych położeniem członów ciała i wywieraną siłą. Obciążeniem powtarzalnym szczególnie zagrożone są kończyny górne. O obciążeniu mięśniowo-szkieletowym podczas pracy powtarzalnej decyduje położenie członów ciała i wywierana siła w określonych sekwencjach czasu scharakteryzowane wartościami parametrów biomechanicznych. Wielkość tego obciążenia określana jest z zastosowaniem metod oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego.

Do oceny obciążenia uwzględniającej cechy indywidualne pracownika, w tym pracowników starszych, właściwa jest metoda SHIFTRISK. Metoda ta w swoich założeniach uwzględnia możliwości fizyczne pracownika w sposób bezpośredni poprzez ich pomiar lub pośredni odnosząc się do możliwości całej domniemanej populacji pracowników. Wskaźnik obciążenia powiązanego z wykonywanej pracy obliczany jest z uwzględnieniem parametrów odnoszących się do pozycji ciała, wywieranych sił i sekwencji czasu.

Ze względu na to, że w procedurze oceny z zastosowaniem metody SHIFTRISK siła uwzględniana jest jako procent maksymalnych możliwości siłowych maksymalne możliwości siłowe mogą być zmierzone. Ma to szczególne znaczenie w przypadku pracownika starszego, mającego możliwości siłowe mniejsze niż pracownicy młodszy. W przypadku, gdy ocena przeprowadzana jest dla projektowanego stanowiska pracy dla domniemanej populacji pracowników, jako maksymalna siła dla populacji osób starszych może zostać przyjęta siła dla ogólnej populacji pomniejszona o 15%. Obydwa podejścia powodują zwiększenie siły względnej przyjmowanej do obliczenia wskaźnika obciążenia. W rezultacie zostanie wykazane, że dla pracownika starszego obciążenie na tym samym stanowisku pracy jest większe niż dla pracownika młodszego, co oznacza konieczność przeprowadzenia zmian w procesie pracy, takich które obniżą obciążenie.

W celu obniżenia obciążenia można wprowadzić ograniczenia odnośnie wywieranej siły, ale także można zmienić czas trwania poszczególnych czynności lub dodać czynność umożliwiającą odciążenie mięśni. Jednakże, zmiany mogą także dotyczyć konstrukcji przestrzennej stanowiska pracy, szczególnie w przypadku, gdy konstrukcja stanowiska i procesu pracy wymusza przyjmowanie pozycji charakteryzowanej dużymi kątami w stawach. Zmiana na stanowisku pracy powodująca zmianę położenia członów ciała względem siebie ta aby pozycja ciała była bardziej zbliżona do naturalnej obniża obciążenie (rys.12).



Rys.12. zmiana usytuowania elementów stanowiska pracy powodująca zmniejszenie obciążenia mięśniowo-szkieletowego poprzez zmianę położenia członów ciała na mniej obciążające.

Najbardziej właściwa i najlepsza dla zdrowia pracownika jest taka praca, która obejmuje czynności o zróżnicowanym charakterze wykonywane na przemian w pozycji siedzącej i stojącej. Dzięki temu możliwe jest zapobieganie negatywnym skutkom pracy. Ważne jest także odpowiednie rozłożenie pracy w czasie całego dnia pracy, by nie dopuścić do zbyt dużego zmęczenia organizmu.

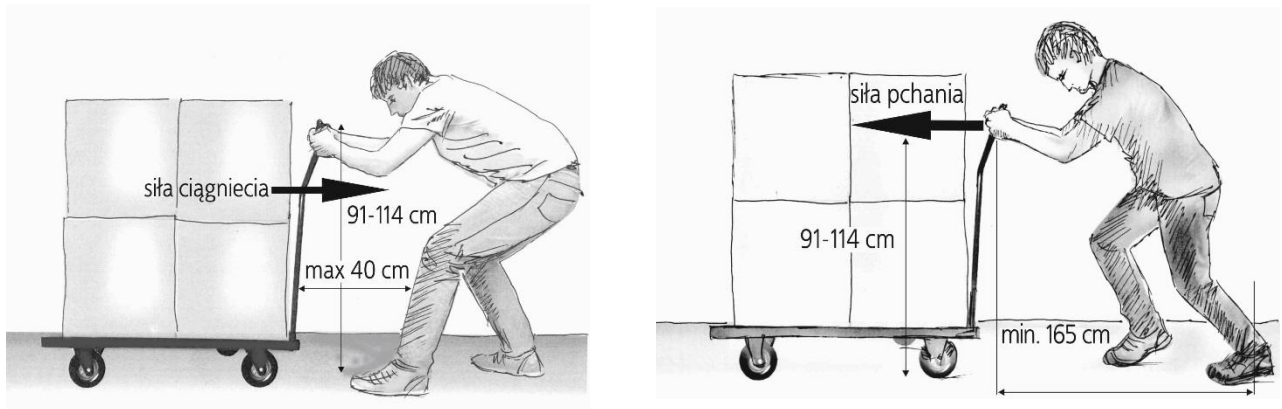
### **Czynności wymagające wywierania sił o dużych wartościach**

W wykonywanie wielu czynności zaangażowane jest całe ciało a siła potrzebna do wykonania określonej czynności wywierana jest mięśniami całego ciała. Czynności tego typu to zazwyczaj czynności określane mianem ręczny transport ładunków, czyli podnoszenie, przenoszenie ładunków a także pchanie i ciągnięcie dużych przedmiotów.

W przypadku czynności podnoszenia pozycja ciała jest uwarunkowana wysokością, na której znajduje się podnoszony przedmiot i wysokością na którą przedmiot jest odkładany.

Natomiast w przypadku ciągnięcia i pchania pozycję ciała determinują punkty przyłożenia siły. Wysokości na jakich powinny być umieszczone uchwyty podczas ciągnięcia i pchania oraz optymalną podczas tych czynności pozycją ciała przedstawiono na rys.13. Jednakże, należy mieć na względzie, że przyjmowana pozycja ciała uwarunkowana jest także wymiarami antropometrycznymi pracownika. Pozycja ta jest inna w przypadku osoby 5

centylowej w porównaniu z osobą 95 centylową. Przestrzeganie tych zasad jest szczególnie ważne w przypadku populacji starszych pracowników.



Rys. 13. Optymalne położenie uchwytów dla przyłożenia siły ciągnięcia i pchania oraz położenie nóg w odniesieniu do przemieszczanego przedmiotu.

Maksymalne, dopuszczalne wartości siły ciągnięcia i pchania zależą od wielu czynników charakteryzujących wykonywaną pracę. Wartość wywieranej siły oprócz wysokości położenia uchwytów uzależniona jest od częstości powtórzeń i drogi na jakiej wykonywana jest czynność ciągnięcia lub pchania. Ale zależy także od czynników indywidualnych określonych płcią pracownika.

Możliwości siłowe pracowników starszych są mniejsze niż możliwości siłowe populacji osób starszych. Dlatego dopuszczalne siły w przypadku pracowników starszych powinny zostać obniżone przynajmniej o 20 %.

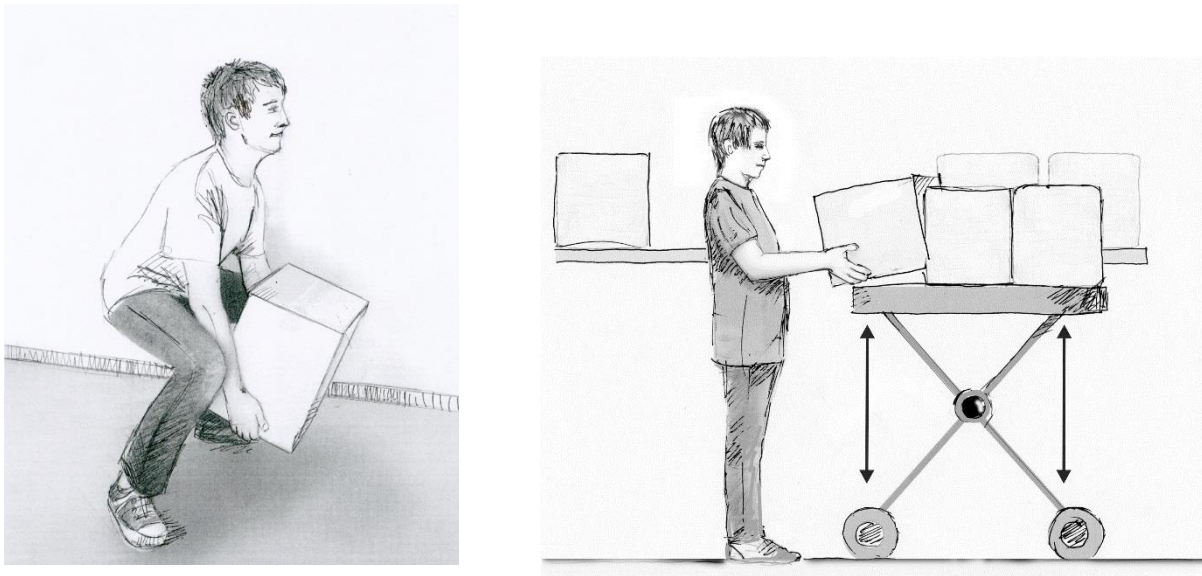
### **Podnoszenie i przenoszenie ładunków**

Trochę innym rodzajem czynności, podczas, których siła wywierana jest całym ciałem jest podnoszenie i przenoszenie ładunków. Istotna różnica pomiędzy czynnościami podnoszenia a czynnościami ciągnięcia i pchania wynika z tego, że inny jest kierunek działania siły.

Czynności podnoszenia powodują występowanie znacznie większego obciążenia części lędźwiowej kręgosłupa niż ciągnięcie i pchanie.

Szczególnie w przypadku pracowników starszych ważne jest przestrzeganie podstawowych zasad podnoszenia i przenoszenia ładunków. W przypadku wykonywania tych czynności należy zwrócić szczególną uwagę na dopuszczalne wartości wywieranej siły, które w przypadku populacji starszych pracowników powinny być mniejsze. Jednakże istotna jest także pozycja ciała przyjmowana podczas kolejnych faz czynności podnoszenia.

Czynność przenoszenia można podzielić na trzy fazy: podnoszenie, przenoszenie i odkładanie. Fazy podnoszenie i odkładanie wymagają przyjmowania bardzo zbliżonych pozycji ciała i jednocześnie powodują zwiększone obciążenie kręgosłupa. Podczas podnoszenia i odkładania ładunków bardzo ważne jest aby utrzymywane były wyprostowane plecy, a zmiana wysokości uzyskiwana była poprzez zmianę położenia kończyn górnych doprowadzając do zgięcia w kolana o kat 90 stopni. Powszechnym sposobem zmniejszającym obciążenie kręgosłupa podczas fazy podnoszenia i opuszczania ładunku jest podnoszenie/opuszczanie na ugiętych kolanach (rys.14a.). W takiej pozycji ciała plecy są wyprostowane, co zmniejsza siły działające w części lędźwiowej kręgosłupa.



Rys.14. Podnoszenie i przenoszenie ładunków: a) optymalna pozycja ciała podczas podnoszenia i opuszczania ładunku; b) pozytywny wpływ na pozycję ciała umieszczenia ładunku na większej wysokości (zastosowanie podnośnika) podczas przemieszczania ładunków.

Przedstawiony na rys.14.a rodzaj pozycji ciała podczas podnoszenia jest możliwy w przypadku osoby młodszej. W przypadku starszego pracownika preferowany jest jeszcze wyższy stopień udogodnienia prowadzący do zmniejszenia obciążenia, czyli podnośnik umożliwiający ustawienie podnoszonego przedmiotu na wysokości bioder (rys.14.b). Takie rozwiązanie jest szczególnie przydatne w przypadku gdy wykonywane są czynności wymagające rozładowywania palet. W takim przypadku ładunek do podniesienia znajduje się na różnej wysokości w zależności od zdejmowanej warstwy. Optymalną wysokością jest

wysokość bioder pracownika. Zastosowanie podnośnika doprowadzi do sytuacji, w której ładunki umieszczone na kolejnych spodnich warstwach palety będą się znajdowały na wysokości bioder. Podczas wykonywania tych czynności znaczenie ma także pozycja pleców. Należy unikać pochylenia i skręcenia pleców.

Wyzwanie stanowi także podnoszenie dużych przedmiotów o nieregularnych kształtach. Przenoszenie dużych przedmiotów wymusza przyjmowanie niewygodnych pozycji ciała, w tym przypadku położenia kończyn górnych oraz wywierania znaczących sił. W takim przypadku nawet jeżeli przedmiot nie jest bardzo ciężki należy stosować urządzenia pomocnicze. W tym przypadku urządzenie pomocnicze eliminuje konieczność podnoszenia. Siła podnoszenia zamieniana jest na siłę pchania o niewielkiej wartości. Na rys. 15 przedstawiono sytuację przenoszenia beli papieru bez (rys.15,a) i z (rys.15.b) zastosowaniem urządzenia pomocniczego.



Rys.15. Przemieszczanie beli papieru (a) i przemieszczanie beli papieru z zastosowaniem urządzenia pomocniczego (b).

Obciążenie i ryzyko rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych powiązane z podnoszeniem ładunków może być ocenione z zastosowaniem metody NIOSH. W metodzie tej wyznaczana jest dopuszczalna wartość podnoszonej masy w warunkach określonych

pozycją ciała i częstością powtarzania czynności podnoszenia. Obliczenia przeprowadzane są na podstawie zależności matematycznej będącej iloczynem współczynników zależnych od parametrów opisujących pozycję ciała i częstotliwość. W zależności tej uwzględniana jest wartość masy odniesienia. Masa odniesienia jest wartością stałą, która może być zróżnicowana w zależności od populacji pracowników. W Polsce dla ogólnej populacji mężczyzn masa odniesienia wynosi 30 kg, natomiast dla ogólnej populacji kobiet 12 kg. Biorąc pod uwagę, że dla grupy wiekowej 60-69 lat należy obniżyć wartość masy odniesienia po przeskalowaniu wartość masy odniesienia wynosić będzie 26 kg dla mężczyzn oraz 9 kg dla kobiet.

### **Czynności pracy zakłócające utrzymanie równowagi ciała**

Przykładem czynności podczas której może nastąpić zachwianie równowagi ciała jest montowanie dużych elementów w niewygodnych pozycjach ciała wymagających uniesienia rąk na wysokości lub ponad głowę. W takim przypadku zachwianie równowagi ciała pracownika stanowi szczególnie prawdopodobne zagrożenie, co może doprowadzić do upadku. Rozwiązaniem zmniejszającym to obciążenie jest podwieszenie umieszczanego elementu. W ten sposób nie występuje konieczność utrzymywania masy nakładanego elementu a jedynie konieczne przemieszczanie go, tak aby uzyskać precyzję pozwalającą na umieszczenie w odpowiednim miejscu. Takie rozwiązanie zmniejsza obciążenie wynikające z konieczności wywierania dużych sił a także zapobiega przyjmowaniu pozycji ciała przy wywieraniu dużych sił, które mogą spowodować utratę równowagi ciała. Zastosowanie podwieszenia nakładanego elementu znacznie zmniejszy występowanie siły sprzyjającej zachwianiu równowagi, ale też zmniejszy obciążenie.



Rys.16. Montowanie dużych elementów w niewygodnej pozycji ciała.

## **Działania zaradcze - Zwiększenie możliwości psychofizycznych pracowników starszych**

Jedną z konsekwencji starzenia się populacji jest zwiększenie liczby osób, która będzie doświadczać utraty masy mięśniowej i siły mięśni. Jako działania zaradcze może być polecenie stanowiska pracy, takiego które nie wymaga używania dużych sił. Zatem zarządzanie wiekiem może obejmować, m.in. przenoszenie pracowników starszych na mniej obciążające stanowiska pracy. Innym rozwiązaniem jest stosowanie takich działań, które zwiększą wydolność i siłę mięśniową starszych pracowników. Przeciwdziałanie zmianom funkcjonalnym w układzie mięśniowo-szkieletowym zachodzącym wraz z wiekiem może odbywać się poprzez programy rehabilitacji osób starszych i z niepełnosprawnościami zwiększające możliwości psychofizyczne i poprzez to zwiększające możliwości wykonywania pracy.

Następujące z wiekiem straty w gęstości mineralnej kości, sile mięśni, utrzymywaniu równowagi i zmiany właściwości chodu są związane ze zwiększonym ryzykiem upadków i złamań, a także rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych. Jednak pomimo, że proces starzenia jest procesem nieuniknionym wszystkich organizmów żywych, u różnych osób zachodzi z różną intensywnością. Jest oczywiste, że występuje znaczne zróżnicowanie w harmonogramie, tempie i zakresie zmian różnych parametrów opisujących zdrowotne i funkcjonalne właściwości różnych struktur organizmu człowieka.

Współczesna wiedza potwierdza, że zarówno rozwój różnego typu chorób jak i intensywność zmian spowodowanych wiekiem jest zależny nie tylko od uwarunkowań genetycznych, ale także od sposobu życia.

Obciążenie mechaniczne powiązane z aktywnością fizyczną jest kluczowym czynnikiem decydującym o utrzymaniu układu mięśniowo-szkieletowego w dobrym zdrowiu, gdyż kości i mięśnie mogą zwiększać swoją masę i siłę jako reakcję na obciążenia mechaniczne.

Nadmierne obciążenie fizyczne podczas pracy jest przyczyną rozwoju dolegliwości.

Jednakże, z drugiej strony wysiłek fizyczny podczas programów treningowych z dużym obciążeniem ma korzystne skutki dla organizmu ludzkiego (Rooks i inni, 2002; Ylinen i inni, 2003). Dobrze dobrane ćwiczenia mogą poprawić sprawność fizyczną u osób starszych.

Możliwości siłowe mogą być poprawione poprzez ćwiczenia oporowe (Latham i inni, 2003), trening typu fitness poprawia wytrzymałość (Posner i inni, 1992). Trening siłowy jest skuteczną interwencją służącą poprawie siły mięśni, mocy i masy mięśniowej. Natomiast trening wytrzymałościowy powoduje poprawę wydolności fizycznej. Dlatego połączenie



treningu siłowego i wytrzymałościowego w populacji osób w podeszłym wieku jest najbardziej skutecznym sposobem na poprawę funkcji zarówno nerwowo-mięśniowych jak i krążeniowych. Taka interwencja poprawia ogólny stan fizyczny, pomaga w utrzymaniu niezależności i zapobiegania niepełnosprawności oraz innym niepożądanym skutkom. Zestaw odpowiednio dobranych ćwiczeń siłowych może także wpłynąć pozytywnie na ogólną funkcjonalność (Ettinger i inni, 1997).

**Zalecany jest równoczesny trening wytrzymałościowy i siłowy o wysokiej prędkości rozwijania siły, mający na celu poprawę mocy mięśni.**

W planowaniu form i intensywności treningu należy uwzględnić także możliwości fizyczne, charakter pracy oraz sposoby spędzania wolnego czasu. Programy treningowe mogą być indywidualne z trenerem, ale też samodzielnie wykonywane w domu. Szczególne znaczenie, także społeczne, mają grupowe programy treningowe. Efektywne w zapobieganiu upadkom są programy ćwiczeń grupowych które łączą w sobie ćwiczenia równowagi, siłę i komponenty funkcjonalne np. trening Tai Chi.

Duże znaczenie dla utrzymania funkcjonalności osób starszych mogą mieć także treningi mentalne. Do niedawna przyjmowało się, że zdolność ludzkiego mózgu do modyfikacji jego struktury w sposób dopasowujący się do nowych wymagań jest ograniczona do wczesnych etapów rozwoju. Mózg 20-latka zmienia swoją strukturę wskutek nauki lub ćwiczeń fizycznych, coraz więcej badań wskazuje na to że pomimo tego że w wieku starszym struktura ludzkiego mózgu zmienia się należy oczekiwać takiej samej odpowiedzi na uczenie się i trening fizyczny, tak jak w przypadku mózgu osoby młodej.

Należy uwzględnić, iż również czynniki środowiskowe takie jak np. choroba czy palenie tytoniu oraz zdolność do niwelowania negatywnych skutków oddziaływania środowiska ma wpływ na zmiany w mózgu i mięśniach zachodzące wraz z wiekiem. Wspólna hipoteza kilku zaproponowanych teorii wskazujących na przyczyny związku pomiędzy mózgiem a strukturą i funkcjami mięśni zakłada wspólne procesy starzenia w całym organizmie człowieka. Zatem utrzymanie funkcji mózgu i mięśni przez całe życie w dobrym stanie ma zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia wysokiej jakości życia.

## Bibliografia

1. Balogun JA, Adenlola SA, Akinloye AA. Grip strength normative data for the harpenden dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991;14(4):155–160.
2. Balogun JA, Akomolafe CT, Amusa LO. Grip strength: effects of testing posture and elbow position. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991;72:280–283.
3. Boyke J, Driemeyer J, Gaser C, Büchel C, May A. Training-induced brain structure changes in the elderly. *J Neurosci.* 2008 9;28(28):7031–7035.
4. Budzińska K., Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych, *Gerontologia Polska* 2005;13(1):1–7.
5. Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical plasticity: from synapses to maps. *Annu Rev Neurosci.* 1998;21:149–186.
6. Ciriello VM, Snook SH, Webster BS, Dempsey P. Psychophysical Study Of Six Hand Movements. *Ergonomics.* 2001; 44( 10):922 – 936.
7. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinková E, Vandewoude M, Zamboni M. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on sarcopenia in older people. *Age Ageing* 2010;39:412–423.
8. Dibble LE, Hale TF, Marcus RL, Droge J, Gerber JP, LaStayo PC. High intensity resistance training amplifies muscle hypertrophy and functional gains in persons with Parkinson’s disease. *Mov Disord.* 2006; 21:1444–1452.
9. Engardt M, Knutsson E, Jonsson M, Sternhag M. Dynamic muscle strength training in stroke patients: effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. *Arch Phys Med Rehabil .* 1995;76:419–425.
10. Escorpizo R, Moore A. [The effects of cycle time on the physical demands of a repetitive pick-and-place task.](#) *Appl Ergon.* 2007;38(5):609–615.
11. Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, Brooks SV. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007;34(11):1091–1096.
12. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, Abellan van Kan G, Andrieu S, Bauer J, Breuille D, Cederholm T, Chandler J, De Meynard C, Donini L, Harris T, Kannt A, Keime Guibert F, Onder G, Papanicolaou D, Rolland Y, Rooks D, Sieber C, Souhami E, Verlaan S, Zamboni M. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc .* 2011; 12(4):249–256.
13. Flor H, Nikolajsen L, Staehelin Jensen T. Phantom limb pain: a case of maladaptive CNS plasticity? *Nat Rev Neurosci.* 2006;7:873–881.
14. Furrer R., van Schoor N.M., de Haan A., Lips P., de Jongh R.T., Gender – Specific Associations Between Physical Functioning, Bone Quality, and Fracture Risk in Older People, *Calcified Tissue International* 2014; 94(5): 522–530.
15. Häkkinen K, Newton RU, Gordon SE, McCormick M, Volek JS, Nindl BC, Gotshalk LA, Campbell WW, Evans WJ, Häkkinen A, Humphries BJ, Kraemer WJ. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *Biol Sci Med Sci.* 1998; 53(6):B415–423.
16. Hignett S , McAtamney L Rapid Entire Body Assessment (REBA) Applied *Ergonomics.* 2000;31:201–205.

17. Hortobagyi T, De Vita P. Favorable neuromuscular and cardiovascular responses to 7 days of exercise with an eccentric overload in elderly women. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2000;55A:B401–B410.
18. Imrhan SN. The influence of wrist position on different types of pinch strength. *Appl Ergon.* 1991; 22(6):379–384.
19. Karhu O, Härkönen R, Sorvali P, Vepsäläinen P. Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Appl Ergon.* 1981;12(1):13–17.
20. Karhu O, Kansi P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Appl Ergon.* 1977;8(4):199–201.
21. Kee D, Karwowski W. A Comparison of Three Observational Techniques for Assessing Postural Loads. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)* 2007;13(1): 3–14.
22. Knecht S, Henningsen H, Höhling C, Elbert T, Flor H, Pantev C, Taub E. Plasticity of plasticity? Changes in the pattern of perceptual correlates of reorganization after amputation. *Brain.* 1998;121:717–724.
23. LaStayo PC, Ewy GA, Pierotti DD, Johns RK, Lindstedt S. The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003a; 58:M419–M424.
24. Mahncke HW, Bronstone A, Merzenich MM. Brain plasticity and functional losses in the aged: scientific bases for a novel intervention. *Prog Brain Res.* 2006;157:81–109.
25. Marcus RL, Smith S, Morrell G, Addison O, Dibble LE, Wahoff–Stice D, Lastayo PC. Comparison of combined aerobic and high–force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Phys Ther.* 2008; 88:1345–1354.
26. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985; 66(2):69–74.
27. Mathiowetz V, Rennells C, Donahoe L. Effect of elbow position on grip and key pinch strength. *J Hand Surg Am.* 1985;10(5):694–697.
28. McAtamney L, Corlett EN. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics.* 1993; 24(2): 91–99.
29. McAtamney L, Hignett S. A space to move in. *Nurs Times.* 1993 May 5-11;89(18):44-46.
30. Melzer I, Kurz I, Oddsson LI. [A retrospective analysis of balance control parameters in elderly fallers and non-fallers.](#) *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010;25(10):984-8.
31. Morken T, Riise T, Moen B, Hauge SH, Holien S, Langedrag A, Pedersen S, Saue IL, Seljebø GM, Thoppil V. [Low back pain and widespread pain predict sickness absence among industrial workers.](#) *BMC Musculoskelet Disord.* 2003;4–21.
32. Pereira D, Peleteiro B, Araújo J, Branco J, Santos RA, Ramos E. The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage.* 2011;19(11):1270–1285.
33. Occhipinti E. OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics.* 1998; 41(9):1290–1311.
34. Østhus I, B, Sgura A., Berardinelli F., Alsnes I.V., Brønstad E., Rehn T., Støbakk K., Hatle H., Wisløff U., Nauman J. 2012. Telomere Length and Long-Term Endurance Exercise: Does Exercise Training Affect Biological Age? A Pilot Study. *PLoS ONE* 7(12): e52769. doi:10.1371/journal.pone.0052769
35. Porter MM, Myint A, Kramer JF, Vandervoort AA. Concentric and eccentric knee extension strength in older and younger men and women. *Can J Appl Physiol.* 1995; 20, 429–439.

36. Porter MM, Vandervoort AA, Lexel J. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*. 1995;5:129–142.
37. Ranganathan VK, Siemionow V, Sahgal V, Yue GH. Effects of aging on hand function. *J Am Geriatr Soc*. 2001 ;49(11):1478–1484.
38. Rooks DS, Gautam S, Romeling M, Cross ML, Stratigakis D, Evans B, Goldenberg DL, Iversen MD, Katz JN. Group exercise, education, and combination self-management in women with fibromyalgia: a randomized trial. *Arch Intern Med*. 2007;167(20):2192-2000.
39. Roman-Liu D. Repetitive task indicator as a tool for assessment of upper limb musculoskeletal load induced by repetitive task. *Ergonomics*. 2007; 50(11):1740–1760.
40. Roman-Liu D. Wybrane zagadnienia biomechaniki pracy. CIOP-PIB. 2015;1-263.
41. Rooyackers JM, Berkeljon DA, Folgering HTM. Eccentric exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Rehabil Res*. 2003; 26,47–49.
42. Su CY, Lin JH, Chien TH, Cheng KF, Sung YT. Grip strength in different positions of elbow and shoulder. *Arch Phys Med Reh*. 1994; 75:812–815.
43. Weiller C, Ramsay SC, Wise RJ, Friston KJ, Frackowiak RS. Individual patterns of functional reorganization in the human cerebral cortex after capsular infarction. *Ann Neurol*. 1993; 33:181–189.
44. Woollacott MH, Manchester DL. Anticipatory postural adjustments in older adults: are changes in response characteristics due to changes in strategy? *J Gerontol*. 1993;48(2):M64–70.
45. Ylinen J, Takala EP, Nykänen M, Häkkinen A, Mälkiä E, Pohjolainen T, Karppi SL, Kautiainen H, Airaksinen O. Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2003;289(19):2509–16.