

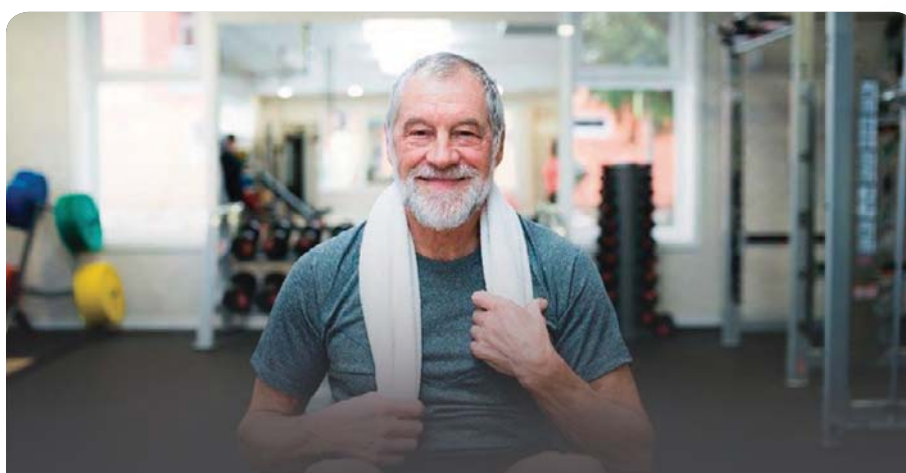
dr hab. inż. DANUTA ROMAN-LIU prof. nadzw. CIOP-PIB

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut BadawczyKontakt: daliu@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0010.4188

Badanie możliwości psychofizycznych ze szczególnym uwzględnieniem zmian spowodowanych wiekiem

Fot. HalfPoint/Bigstockphoto



Wraz z rosnącym wiekiem pracowników coraz większe znaczenie dla wykonywania pracy mają cechy charakterystyczne pracowników, odnoszące się do możliwości siłowych, zakresów ruchu w stawach, umiejętności koordynacji wzrokowo-ruchowej oraz utrzymania równowagi ciała.

W artykule scharakteryzowano parametry opisujące psychofizyczne możliwości pracowników oraz sposoby pomiaru tych parametrów. Ze względu na to, że ich wartości ulegają zmianie w miarę upływu lat, mogą one stanowić podstawę do wytycznych odnoszących się do projektowania stanowisk pracy dla starszych pracowników.

Słowa kluczowe: pracownicy starsi, pomiary, zdolność do wykonywania pracy

Testing psychophysical capabilities with particular emphasis on influence of age

With the increasing age of workers, the workforce's psychophysical characteristics like strength, joint angle range, visual-motor coordination, and body balance are increasingly important for the work performance. The article characterizes parameters describing the psychophysical abilities of employees and procedures of measuring these parameters. Due to the fact that their values change over time, they may be the basis for guidelines for designing work places for older workers.

Keywords: older workers, measurements, ability to perform work

Wstęp

Ze względu na zmiany demograficzne i związane z nimi wydłużenie okresu aktywności zawodowej, pracownicy starsi (czyli w wieku 55 i więcej lat) stanowią coraz większy odsetek ogółu zatrudnionych, zarówno w Polsce, jak i innych krajach Unii Europejskiej (rys. 1.).

Wraz z wiekiem postępują powiązane z procesem starzenia zmiany, łączące się ze spadkiem funkcjonalności, takie jak utrata masy i siły mięśni. Mają one wpływ na ogólny stan zdrowia osób starszych poprzez pogorszenie ich kondycji fizycznej. Występuje wtedy spadek możliwości siłowych, ograniczenie zakresu ruchu w stawach, a także spadek kontroli siły chwytu. Oznacza to,

że wraz z wiekiem zachodzą takie zmiany w możliwościach siłowych populacji pracowników starszych i umiejętnościach wykonywania przez nich czynności uwarunkowanych koordynacją wzrokowo-ruchową, które mogą utrudniać pracę zawodową.

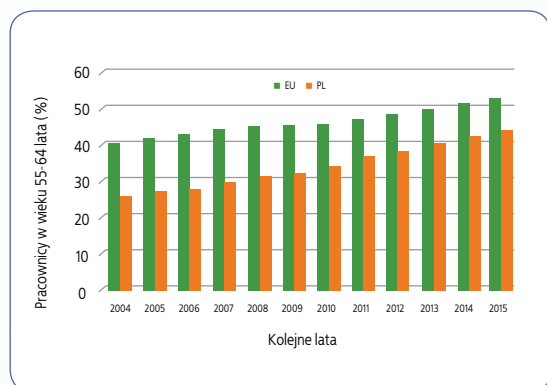
W artykule zaprezentowano metody badania możliwości psychofizycznych pracowników, służące do tworzenia wytycznych dla stanowisk pracy ze szczególnym uwzględnieniem starszych pracowników.

Główne przyczyny wypadków z udziałem pracowników starszych

Jedną z najważniejszych kwestii dotyczących zdrowia pracowników starszych jest zwiększenie ryzyka upadków i złamań. Około 35-40% osób powyżej 65. roku życia doświadcza takich zdarzeń każdego roku [1]. Zakłócenia w utrzymaniu równowagi wskazuje się jako jedną z podstawowych przyczyn upadku (ok. 17% przypadków), [2]. Spadek masy mięśni i zdolności do generowania siły rozpoczyna się w wieku 40-60 lat i postępuje: w wieku 80 lat zdolność do generowania siły wynosi średnio około 60% siły uzyskiwanej w wieku 20-30 lat [3].

Zmiany w układzie nerwowym i układzie mięśniowo-szkieletowym wynikające z procesu starzenia doprowadzają do obniżenia funkcji motorycznych, co obserwuje się jako zwiększoną niedokładność ruchu, spowolnienie ruchów, trudności z utrzymaniem równowagi i trudności w chodzie [4]. Zmiany właściwości mięśni szkieletowych powodują zmniejszenie dokładności wykonywanych czynności, co może stanowić jedną z przyczyn wypadków przy pracy, a w konsekwencji utraty zdrowia oraz pojawiania się częstych dolegliwości bólowych i schorzeń mięśniowo-szkieletowych.

Zmiany spowodowane wiekiem wpływają na możliwości wykonywania pracy zawodowej i mogą ograniczać lub w ogóle uniemożliwiać starszym pracownikom realizowanie pewnych zadań w sposób skuteczny. Z drugiej zaś strony,



Rys. 1. Zmiana udziału procentowego pracowników w wieku 55-64 lata w ogólnej populacji zatrudnionych ogółem w krajach EU i w Polsce (Eurostat)

Fig. 1. Change in the percentage of workers aged 55-64 in the overall population of workers in the EU and Poland (Eurostat)

dojrzały wiek nie jest równoznaczny z utratą możliwości wykonywania pracy. Wiele osób powyżej 60. roku życia może kontynuować pracę przez wiele lat, jeśli otrzymają one odpowiednie wsparcie.

Wsparcie to powinno przede wszystkim dotyczyć dopasowania stanowisk pracy do możliwości pracowników starszych oraz zwiększania ich zdolności psychofizycznych. Podstawą wsparcia jest zdefiniowanie możliwości pracowników starszych. Dla wykonywania pracy znaczenie mają cechy charakterystyczne, dotyczące siły fizycznej, zakresów ruchu w stawach, umiejętności koordynacji wzrokowo-ruchowej oraz utrzymania równowagi ciała.

Ocena możliwości w tym zakresie może być przeprowadzona na podstawie pomiarów określonych parametrów przy zastosowaniu określonego oprzyrządowania.

Badanie możliwości psychofizycznych

Zakresy ruchu w stawach

Pomiar zakresu ruchomości stawu może być przeprowadzany z zastosowaniem goniometru. Goniometry mają różne rozmiary i formy, ich wielkość powinna być zatem dobrana do wielkości mierzonego stawu. Pomiar przeprowadza się układając oś urządzenia możliwie najbliżej osi obrotu badanego stawu (fot. 1.). W celu pomiaru osoba badana ma za zadanie wykonanie ruchu w stawie w możliwie pełnym zakresie, do osiągnięcia maksymalnego zakresu lub granicy bólu.

Możliwości siłowe

Możliwości siłowe to termin stosowany do opisu różnych cech funkcji mięśni, takich jak np. siła izometryczna czy moc. Wartość siły wyrażająca możliwości siłowe zależy od typu

wywieranej siły, czyli od tego, które grupy mięśniowe są zaangażowane w jej wywieranie. Inne wartości osiągane są podczas różnych typów siły kończyn górnych (np. ścisk ręki, pchanie, podnoszenie); inne, gdy mierzona jest siła kończyn dolnych (np. zginanie/prostowanie podudzia); a jeszcze inne, gdy siła wywierana jest całym ciałem (np. podnoszenie, pchanie).

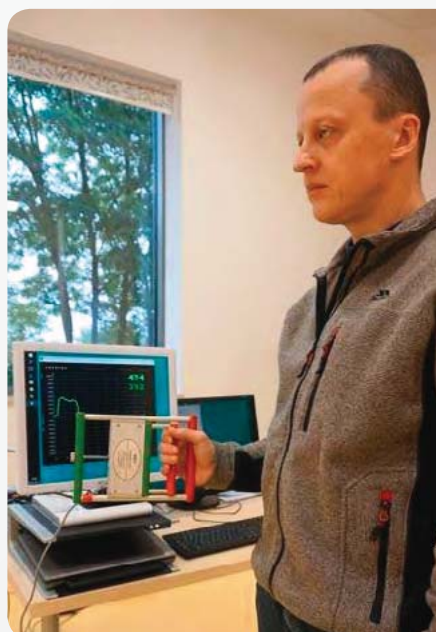
W przypadku oceny możliwości siłowych kończyny górnej najczęściej stosowane są pomiary siły maksymalnej ścisku ręki (ang. *handgrip*) jako wskaźnika możliwości siłowych. Ten parametr jest również stosowany w celu oceny spadku siły mięśni, następującego w wyniku schorzenia lub procesu starzenia [5,6].

Na fot. 2. przedstawiono techniki pomiaru maksymalnych możliwości siły izometrycznej, przeprowadzane w odniesieniu do siły ścisku ręki i siły wyprustu w kolanie.



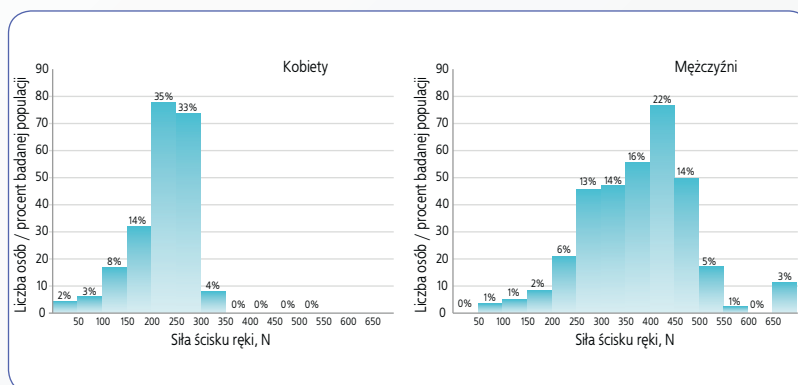
Fot. 1. Sposób naklejenia czujników dla pomiaru wartości kątów w stawie nadgarstkowym, łokciowym i ramiennym z zastosowaniem goniometru (badanie w laboratorium oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego CIOP-PIB)

Photo 1. Method of placing sensors for measuring the angle in joints of wrist, elbow and shoulder using a goniometer (CIOP-PIB Musculoskeletal Load Testing Laboratory)



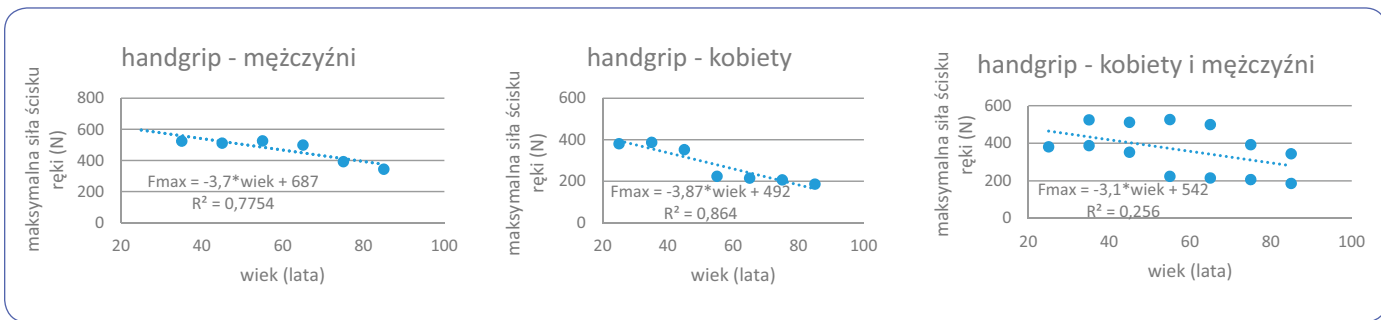
Fot. 2. Pomiar siły mięśni przedramienia (a) i siły prostowników podudzia (b) (laboratorium oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego CIOP-PIB)

Photo 2. Measurement of forearm muscle strength (a) and leg muscle strength (b) (CIOP-PIB's Musculoskeletal Load Laboratory)



Rys. 2. Histogramy przedstawiające wartość siły maksymalnej ścisku ręki (*handgrip*) w populacjach kobiet i mężczyzn [7]

Fig. 2. Histograms showing the value of maximal force of handgrip in male and female populations [7]



Rys. 3. Zależność wartości siły maksymalnej ścisku ręki (*handgrip*) w populacjach kobiet i mężczyzn, uzyskana w wyniku meta-analizy danych pochodzących z różnych badań (oprac. własne)
Fig. 3. The dependence of the value of maximal handgrip force in male and female populations, obtained by meta-analysis of data from various studies (own sources)

Wiele czynników determinuje wartość siły określającej możliwości danego pracownika. Różnią się one w zakresie tej samej płci, a co więcej, znaczące różnice występują także pomiędzy kobietami a mężczyznami. Siła zewnętrzna mierzona u kobiet stanowi około 75% siły mężczyzny, co wynika głównie z różnic w masie mięśniowej obu populacji [7].

Na rys. 2. przedstawiono histogramy wartości siły maksymalnej ścisku ręki w odniesieniu do kobiet i mężczyzn, uzyskane z 227 wartości parametru w populacji kobiet i 424 wartości parametru w populacji mężczyzn, w wyniku analizy wartości maksymalnej siły ścisku ręki wyselekcjonowanych z 40 różnych publikacji [7].

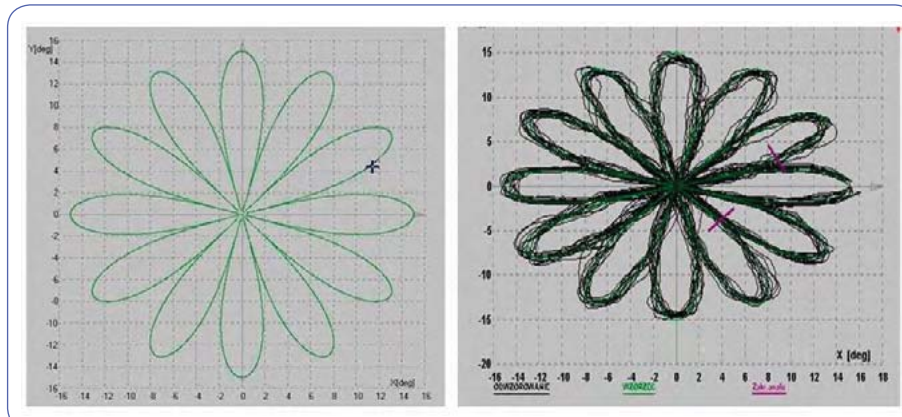
Jednym z ważniejszych czynników osobowych wpływających na wartość siły maksymalnej jest wiek. Wraz z jego wzrastaniem następuje spadek możliwości siłowych, przy czym spadek mocy mięśni z wiekiem jest bardziej znaczący, niż spadek siły izometrycznej. Zmiany wartości siły maksymalnej ścisku wraz z wiekiem opisane ilościowymi zależnościami matematycznymi przedstawiono na rys. 3.

Koordinacja wzrokowo-ruchowa

Czynności wykonywane podczas pracy są 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.

Wykonywanie stałego skurczu mięśni rąk, ramion lub nóg powoduje wywieranie siły, jednakże nie o stałej wartości, ale zmiennej wokół wartości średniej. Dlatego w przypadku kontroli siły izometrycznej szczególnie ważna jest wizualna informacja zwrotna. Kiedy siła wywierana na określonym poziomie jest śledzona wizualnie, mówi się o zadaniach koordynacji wzrokowo-ruchowej.

W takich przypadkach koordynacja wzrokowo-ruchowa badana jest jako dokładność odwzorowywania określonego kształtu za pomocą urządzenia, na które określona siła zewnętrzna wywierana jest w celu utrzymania siły docelowej.



Rys. 4. Kształt wzorca wykreślony na ekranie (a) oraz rzeczywisty kształt zakreślony w wyniku zadania koordynacji wzrokowo-ruchowej (b)

Fig. 4. The shape of the pattern plotted on the screen (a) and the actual shape drawn as a result of the task of visual-motor coordination (b)

W celu oceny zmienności w torze śledzenia stosuje się zarówno izometryczne, jak i zmienne profile śledzenia siły [8]. W czynnościach śledzenia siły utrzymywanej na zadanym poziomie oraz śledzenia siły dopasowywanej do śledzonego kształtu, siła wywierana nie jest stale dopasowywana do siły docelowej, ale oscyluje wokół średniej wartości.

Na rys. 4. przedstawiono profil śledzenia w kształcie pętli oraz nałożone na ten kształt linie śledzenia.

Koordinacja wzrokowo-ruchowa badana jest jako dokładność odwzorowywania poziomu zadanej siły i określana parametrami opisującymi zależność pomiędzy poziomem siły zadanej a poziomej siły wywieranej. W celu opisu koordynacji wzrokowo-ruchowej w sposób ilościowy stosuje się wartości średniej siły wywieranej na urządzenie sterownicze i jej odchylenie standardowe. Parametry te zależą od możliwości siłowych osób badanych i dlatego osoby silniejsze wykazują większą bezwzględną zmienność. Iloraz wartości średniej i odchylenia standardowego dostarcza względną miarę zmienności wywieranej siły.

Wraz z wiekiem zachodzą nie tylko zmiany w możliwościach siłowych populacji pracowników, ale także zmiany w umiejętnościach wykonywania czynności uwarunkowanych koordynacją wzrokowo-

wo-ruchową. 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 z osobami młodszymi. Sprawia to, że osoby starsze są mniej dokładne podczas wykonywania zadań ruchowych, m.in. charakteryzują się większą niedokładnością w odwzorowywaniu siły niż osoby młodsze, szczególnie gdy wywierane są siły o małej wartości. Związane z wiekiem zmiany w kontroli motoryki małych mięśni wydają się być bardziej widoczne podczas wykonywania skomplikowanych zadań [8]. W celu zdiagnozowania możliwości funkcjonalnych może być zatem zastosowana ocena dokładności i precyzji wywieranej siły.

Wskazuje się także, że wykonywanie czynności manipulacyjnych może być przyczyną rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych [9]. Konieczność wykonywania czynności z dużą dokładnością zwiększa obciążenie mięśni przedramienia nawet o 43%; zwiększa się również postrzegana przez pracowników trudność wykonania czynności [10]. Parametry opisujące dokładność wykonywania ruchów manipulacyjnych mogą być zatem istotne nie tylko w celu określenia funkcjonalności, ale także i obciążenia powiązanego z wykonywanymi czynnościami pracy.

Położenie środka ciężkości – zachowanie równowagi ciała

Układ nerwowy integruje informacje wizualne i somatosensoryczne w celu utrzymania wyprostowanej pozycji ciała. Utrzymanie statycznej równowagi ciała wymaga współdziałania informacji dostarczanych przez czujniki równowagi (wizualne, błędniaka i somatosensoryczne), centralnej integracji tych sygnałów w mózgu i reakcji motorycznej. Parametry wychylenia z położenia równowagi opisują równowagę ciała.

Do pomiaru w warunkach laboratoryjnych parametrów charakteryzujących wychylenie z położenia równowagi stosowana jest posturografia, która korzysta z platform dynamometrycznych do pomiaru ruchu środka ciężkości (fot. 3.). Niektóre parametry uzyskane z pomiarów przy zastosowaniu platformy dynamometrycznej w badaniach posturograficznych mogą mieć wartość prognostyczną w odniesieniu do skłonności do upadków.

Parametry opisujące położenie będące pośrednią miarą równowagi ciała odnoszą się do długości drogi, którą zakreśla umowny punkt, odpowiadający rzutowi środka ciężkości na podstawę, prędkość ruchu oraz obszar zakreślony tym punktem.

Problemy w utrzymaniu równowagi w obecności niekorzystnych czynników środowiskowych, w powiązaniu ze zmianami w układzie nerwowym i mięśniowym, mogą skutkować zwiększeniem częstości upadków, szczególnie w populacji osób starszych. Mają one bowiem tendencję do większych zmian w położeniu środka masy podczas stania w miejscu, w porównaniu z młodszymi osobami dorosłymi.

Sugeruje się, że zmiany w kontroli utrzymywania pozycji ciała osób starszych mogą być spowodowane zmniejszeniem wrażliwości systemu kontroli pozycji ciała [11]. Oznacza to, że parametry opisujące utrzymywanie statycznej równowagi ciała mogą być predyktorami upadków podczas pracy.

Podsumowanie

Ze względu na to, że jedną z konsekwencji starzenia się populacji jest zwiększenie liczby osób, która będzie doświadczać utraty masy mięśniowej i siły mięśni, należy przypuszczać, że coraz starszym pracownikom będą polecane stanowiska pracy niewymagające używania dużych sił. Z drugiej zaś strony, postępujące starzenie się społeczeństwa wymusza poszukiwanie rozwiązań sprzyjających utrzymaniu sprawności psychofizycznej, umożliwiającej osobom starszym jak najdłuższe uczestniczenie w życiu zawodowym.

Przeciwdziałanie zmianom funkcjonalnym w układzie mięśniowo-szkieletowym zachodzącym wraz z wiekiem może odbywać się zatem poprzez dostosowanie stanowisk pracy do możliwości osób starszych, ale także dzięki programom rehabilitacji osób starszych, zwiększającym moż-

liwości psychofizyczne i w ten sposób możliwości wykonywania pracy.

Zarządzanie wiekiem może obejmować m.in. przenoszenie pracowników starszych na mniej obciążające stanowiska pracy. W takim przypadku konieczna jest wcześniejsza ocena obciążenia pracą, uwzględniająca możliwości psychofizyczne pracowników starszych. Do tego celu mogą posłużyć powszechnie stosowane metody oceny obciążenia i ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych [7]. Wymagają one jednak modyfikacji uwzględniającej możliwości siłowe populacji starszych pracowników. Modyfikacja powinna dotyczyć przede wszystkim wartości sił odniesienia, które w przypadku osób młodszych przybierają większe wartości niż w przypadku osób starszych.

Jest oczywiste, że występuje znaczne zróżnicowanie w harmonogramie, tempie i zakresie zmian różnych parametrów opisujących zdrowotne i funkcjonalne właściwości struktur organizmu człowieka. Współczesna wiedza potwierdza, że zarówno rozwój wielu typów chorób, jak i intensywność zmian spowodowanych wiekiem zależą nie tylko od uwarunkowań genetycznych, ale także od sposobu życia. Szczególne znaczenie ma oddziaływanie na organizm poprzez produkty żywnościowe, czyli sposób odżywiania się, a także intensywność ćwiczeń fizycznych. 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 w reakcji na obciążenia mechaniczne. Zaleca się zatem pogłębianie wiedzy pracowników zarówno na temat zalecanych sposobów odżywiania (produkty o niskim stopniu przetworzenia i dużej zawartości składników pochodzenia roślinnego), jak i zwracanie uwagi na korzyści płynące z aktywności fizycznej i ćwiczeń, dostosowanych do możliwości organizmu i rodzaju wykonywanej pracy [12].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Todd C., Skelton D. *What are the main risk factors for falls among older people and what are the most effective interventions to prevent these falls?* Copenhagen: WHO Regional Office for Europe (Health Evidence Network report) <http://www.euro.who.int/document/E82552.pdf> Accessed 2004;27.03.14.
- [2] Rubenstein L.Z. *Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention.* „Age Ageing.” 2006;35, Suppl. 2:ii37-ii41
- [3] Doherty T.J. *Invited review: Aging and sarcopenia.* „J. Appl. Physiol.” 2003,95,4:1717-27
- [4] Seidler R.D., Bernard J.A., Burutolu T.B., Fling B.W., Gordon M.T., Gwin J.T., Kwak Y., Lipps D.B. *Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects.* „Neurosci. Biobehav.” 2010,Rev.34:721-733
- [5] Pereira D., Peleteiro B., Araújo J., Branco J., Santos R.A., Ramos E. *The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review.* „Osteoarthritis Cartilage” 2011,19,11:1270-1285



Fot. 3. Pomiar stabilnej równowagi ciała (badanie w laboratorium oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego CIOP-PIB)

Photo 3. Measurement of stable body balance (CIOP-PIB Musculoskeletal Load Laboratory)

[6] Voelcker-Rehage C., Alberts J. L. *Age-related changes in grasping force modulation.* „Exp. Brain Res.” 2005,166:61-70

[7] Roman-Liu D. *Wybrane zagadnienia biomechaniki pracy.* CIOP-PIB, Warszawa 2015

[8] Diermayr G., Mclsaac T.L., Gordon A.M. *Finger force coordination underlying object manipulation in the elderly - a mini-review.* „Gerontology” 2011,57,3:217-227

[9] Ciriello V.M., Snook S.H., Webster B.S., Dempsey P. *Psychophysical study of six hand movements.* „Ergonomics” 2001,Aug. 15,44,10:922-936

[10] Escorpizo R., Moore A. *The effects of cycle time on the physical demands of a repetitive pick-and-place task.* „Appl. Ergon.” 2007,38,5:609-15

[11] Melzer I., Kurz I., Oddsson L.I. *A retrospective analysis of balance control parameters in elderly fallers and non-fallers.* „Clin. Biomech.” 2010,25,10:984-8

Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdde100>

[12] Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej wg Instytutu Żywności i Żywnienia <http://jadlospisy.pl/rajonalne-zywienie-w-praktyce-jadlospisy/>

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.