

mgr inż. PATRYCJA ŁACH
 dr hab. inż. DANUTA ROMAN-LIU, prof. nadzw. CIOP-PIB
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy
 Kontakt: palac@ciop.pl
 DOI: 10.5604/01.3001.0009.8778

Ograniczanie obciążenia mięśniowego wynikającego z pracy powtarzalnej – przegląd badań dotyczących rozwiązań organizacyjnych

Praca monotypowa jest powszechna w wielu gałęziach przemysłu. Powtarzające się sekwencje ruchów angażują tylko wybrane grupy mięśniowe, co prowadzi do wzrostu poziomu obciążenia pracą. Natomiast nadmierne przeciążenie mięśni jest istotnym czynnikiem decydującym o rozwoju dolegliwości oraz schorzeń kończyn górnych. Dlatego ważne jest, aby identyfikować czynniki podnoszące poziom obciążenia oraz próbować ograniczać ich wpływ zarówno przez odpowiednio zaprojektowane stanowisko pracy, jak i organizację czasu pracy. W artykule przedstawiono przegląd badań dotyczących rozwiązań organizacyjnych na stanowiskach pracy powtarzalnej, mających na celu poprawę warunków pracy i zminimalizowanie ryzyka pojawiania się dolegliwości bólowych oraz schorzeń mięśniowo-szkieletowych.

Słowa kluczowe: praca powtarzalna, ocena obciążenia mięśniowo-szkieletowego, redukcja obciążenia

Reduction of muscle load being the result of repetitive work – review of research on organizational solutions

Repetitive work is common in many branches of the industry. Repeating the sequence of movements involve only selected group of muscles, which leads to an increase of workload. Muscles overload is an important determinant of the development upper limb disorders. It is therefore important to identify the factors increasing the level of load and try to limit their impact by a well-designed workstation and work time organization.

The article presents an overview of research on organization solutions on repetitive workplaces, which aim improvement working conditions and minimizing the risk of development of musculoskeletal disorders.

Keywords: repetitive work, assessment of musculoskeletal load, reduce of workload



Fot. Yastremaska/Bigstockphoto

Wstęp

Praca polegająca na wielokrotnym wykonywaniu podobnych lub takich samych czynności, nazywana jest pracą monotypową lub powtarzalną. Podobieństwo wykonywanych czynności dotyczy sekwencji czasowych, rozwijanych sił mięśniowych oraz przestrzennej charakterystyki ruchów. Pracę powtarzalną można scharakteryzować za pomocą parametrów związanych z takimi czynnikami biomechanicznymi, jak: czas cyklu pracy, czas trwania obciążenia, czas trwania fazy odpoczynku oraz wartość obciążenia mięśniowego. Obciążenie w każdej z faz cyklu zdeterminowane jest pozycją ciała i reakcją mięśni na wywieraną siłę zewnętrzną. Pracę powtarzalną charakteryzują parametry odnoszące się do trzech czynników (pozycja, siła, czas). Wymienione parametry biomechaniczne są podstawowymi czynnikami wpływającymi na obciążenie i zmęczenie spowodowane wykonywaniem określonych czynności pracy.

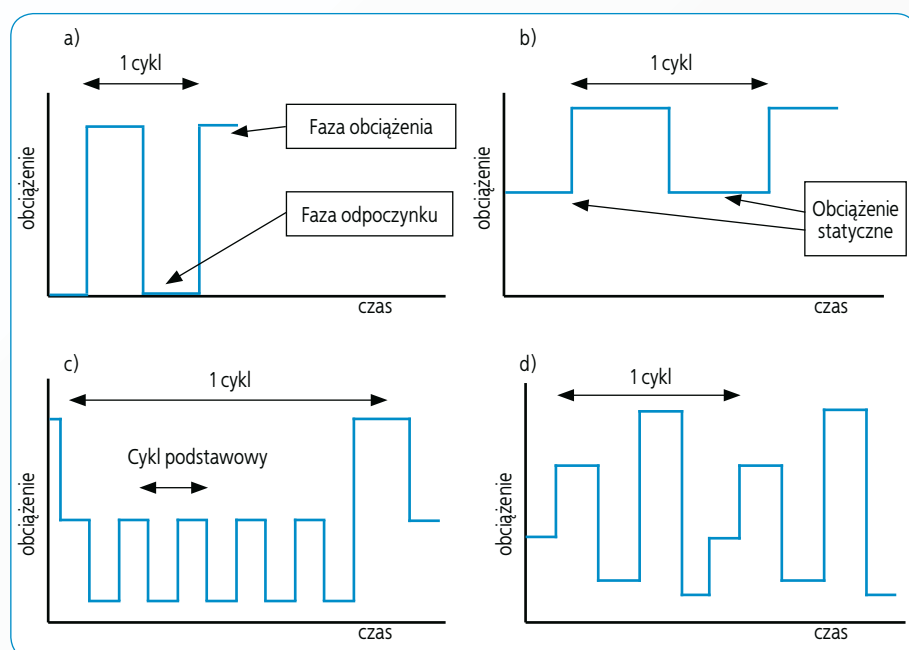
Praca powtarzalna jest powszechna w gałęziach przemysłu ze zautomatyzowanymi liniami produkcyjnymi. Zadania montażowe są przykładem takiej pracy, gdzie procedury są ściśle określone i wykonywane w krótkim przedziale czasowym, zazwyczaj mniejszym niż 30 sekund. Istnieją przesłanki świadczące o związku między ryzykiem rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych (MSDs, ang. *Musculo-Skeletal Disorders*) w obrębie kończyn górnych a charakterystyką pracy powtarzalnej.

Powtarzające się sekwencje ruchów nieustannie angażują wybrane grupy mięśniowe, co prowadzi do zachwiania równowagi związanej z pracą kończyn górnych. Wykonywana praca prowadzi do zmęczenia, które objawia się spadkiem wydolności i obejmuje redukcję maksymalnej siły izometrycznej oraz mocy generowanej przez mięśnie [1]. Nadmierne przeciążenie mięśni jest istotnym czynnikiem decydującym o rozwoju dolegliwości oraz schorzeń kończyn górnych, spowodowanych pracą fizyczną o charakterze

powtarzalnym. W wyniku zmian przeciążeń w obrębie mięśni, ścięgien, chrząstek, więzadeł oraz kości dochodzi do ich dysfunkcji [2].

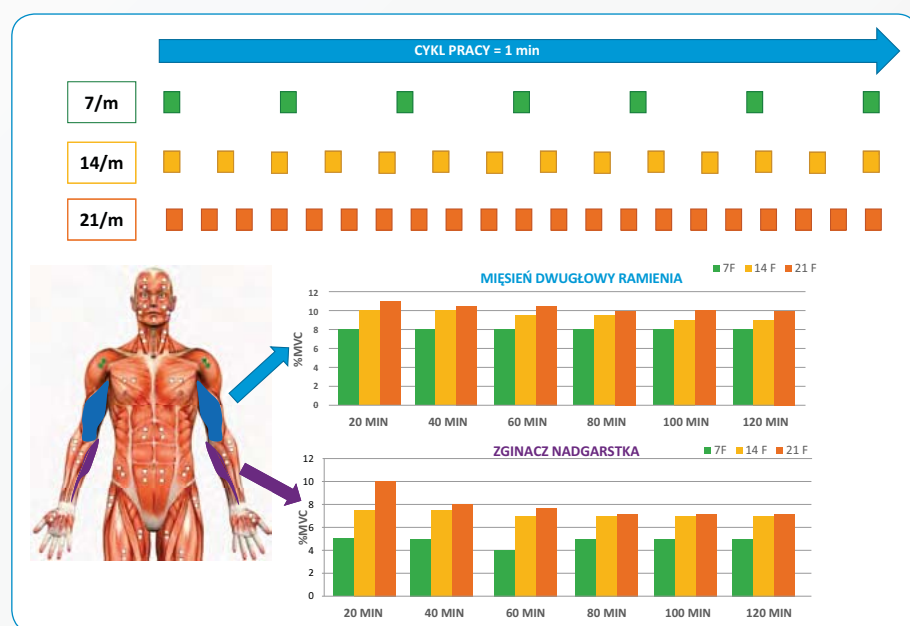
Trzeba pamiętać, że stanowiska pracy powtarzalnej są powszechne w wielu działach gospodarki – począwszy od przemysłu samochodowego, gdzie pracownicy wykonują prace montażowe przez przemysł spożywczy, przemysł odzieżowy po zakłady zajmujące się segregacją i wtórnym przetwarzaniem odpadów. W związku z tym określenie i ocena ryzyka związanego z powstawaniem zaburzeń i schorzeń w obrębie kończyn górnych, wynikających ze złej organizacji pracy, staje się bardzo ważną kwestią. Sugeruje się, że zmiany w organizacji pracy, a w głównej mierze zmiany długości cyklu i związanego z tym tempa pracy oraz rotacji na stanowiskach, mogą minimalizować zmęczenie czynnościami powtarzalnymi i ryzyko uszkodzenia ciała [3].

Celem artykułu jest przedstawienie rozwiązań organizacyjnych, służących ograniczeniu obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego spowodowanego wykonywaniem pracy powtarzalnej.



Rys. 1. Graficzne przedstawienie przykładowych obciążeń podczas wykonywania czynności powtarzalnych: a) prosty cykl składający się z fazy obciążenia i fazy odpoczynku; b) cykl o stałej składowej obciążenia; c) cykl zawierający cykl podstawowy; d) cykl złożony, na który składają się fazy o różnym obciążeniu i czasie trwania [6]

Fig. 1. Graphic representation of sample loads during repetitive operations: a) Simple cycle consisting of the load phase and the rest phase; b) cycle with constant load component; c) cycle containing the basic cycle; d) Composite cycle, which consists of phases with different load and duration [6]



Rys. 2. Średnie wartości amplitudy sygnału EMG znormalizowane względem wartości maksymalnej, zarejestrowane podczas wykonywania zadania w trzech różnych tempach pracy [7]

Fig. 2. Average values of the amplitude of the EMG signal normalized to the maximum value recorded in three different work speed [7]

Dopasowanie wartości parametrów pracy powtarzalnej

Analizując schemat (rys. 1.) pracy powtarzalnej należy podkreślić, że na całkowite obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego wpływa zarówno długość cyklu (CT), jak i długość i liczba faz (k) w nim występująca oraz siła wywierana przez pracownika (określana jako wartość bez-

względna lub jako wartość, wyrażona procentem maksymalnej siły mięśniowej – MVC).

Najprostsza charakterystyka cyklu pracy powtarzalnej składa się z dwóch faz: odpoczynku i obciążenia. W ten uproszczony sposób opisuje się pracę powtarzalną zakładając, że składają się na nią tylko określone czynności, z obciążeniem lub bez (rys. 1a). Wyodrębnić można również takie przykłady pracy powtarzalnej, w których

obok obciążenia, będącego skutkiem powtarzalności ruchów, występuje obciążenie statyczne. Schemat pracy powtarzalnej ze składową obciążenia statycznego przedstawiono na rys. 1b. Dodatkowo wyróżnić można pracę powtarzalną z występującym cyklem podstawowym (rys. 1c). Natomiast ogólny model pracy powtarzalnej uwzględnia zarówno obciążenie statyczne, jak i cykl podstawowy. Model zakłada, że obciążenie występuje podczas całego cyklu, a składa się na niego dowolna liczba faz o różnym czasie ich trwania. Podczas każdej z faz występuje inne obciążenie, czyli inny poziom siły zewnętrznej i/lub inne położenie kończyny górnej (rys. 1d).

Prace powtarzalne charakteryzują się narzuconym tempem, czyli długością cyklu (CT), która zazwyczaj jest ściśle związana z procesem produkcyjnym. Obciążenie mięśniowo-szkieletowe, któremu podlega pracownik podczas wykonywania takiej pracy może być wyrażone ilościowo w funkcji opisujących ją parametrów. Ocena obciążenia przy założeniu różnych wartości parametrów może doprowadzić do znalezienia takiego zestawu ich wartości, które będą powodowały możliwie małe obciążenie pracą.

Aby znaleźć optymalny zestaw parametrów pracy powtarzalnej można zastosować dwa podejścia. Pierwsze z nich polega na określeniu wielkości obciążenia zewnętrznego na podstawie parametrów opisujących położenie poszczególnych członów ciała, siły używanej przez pracownika oraz sekwencji czasowych obciążenia.

Ze względu na to, że kończyny górne odgrywają największą rolę podczas wykonywania pracy powtarzalnej, ocena ich obciążenia jest przedmiotem szczególnego zainteresowania. Do oceny obciążenia i ryzyka z tym związanego stosuje się takie metody, jak OCRA (Occupational Repetitive Actions) [4] czy SI (Strain Index) [5] oraz metodę SHIFT-RISK, która z powodzeniem może dodatkowo posłużyć do oceny całego ciała [6]. Wymienione metody odnoszą się wyłącznie do obciążenia wynikającego z charakterystyki stanowiska pracy, jednak nie biorą pod uwagę cech indywidualnych pracowników – pozwalają zatem na wyrażenie obciążenia tylko w funkcji parametrów charakteryzujących wykonywaną pracę powtarzalną.

Drugie podejście służy ocenie obciążenia wewnętrznego na podstawie parametrów fizjologicznych reakcji organizmu na zadane obciążenie zewnętrzne, np. pomiar aktywności elektrycznej mięśni z zastosowaniem elektromiografii powierzchniowej (EMG). Ten parametr pozwala na szczegółowe badanie funkcjonowania mięśni w czasie wykonywania czynności roboczych, dzięki czemu uzyskuje się informację zwrotną o stopniu faktycznego zmęczenia układu mięśniowego człowieka, a nie tylko o poziomie ryzyka, jakie może nieść praca powtarzalna na określonym stanowisku.

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem obciążenia mięśniowego w pomiarach EMG jest amplituda odzwierciedlająca procent maksymalnego napięcia mięśni (% MVC). Stosując ten wskaźnik, Gooyers i Stevenson zbadali w 2012 r. różnicę

w aktywności mięśni przedramion i ramion w trzech różnych tempach pracy: gdy pracownik wykonywał zadanie montażowe 7, 14 lub 21 razy na minutę [7]. Badania pokazały, że mięśnie przedramion były najsilniej aktywowane podczas tempa 21 razy na minutę. Rys. 2. przedstawia wartości amplitudy (% MVC) sygnału zarejestrowanego dla mięśni dwugłowego ramienia oraz zginaczy nadgarstka, przy uwzględnieniu różnej długości cyklu pracy.

Podobne badania przeprowadził Bosch z zespołem [8]. Naukowcy przeanalizowali wpływ długości 38- i 48-sekundowego cyklu pracy na zmęczenie mięśni. Zauważono wzrost aktywności podczas krótszego cyklu pracy (rys. 3.).

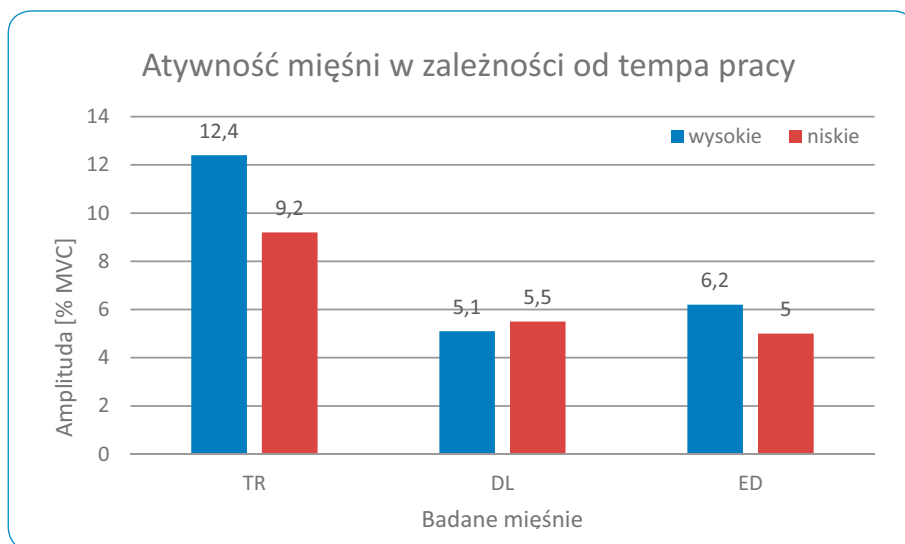
Z kolei Mathiassen i Winkel wykazali, że skrócenie dnia pracy ze zmiany 6- do 4-godzinnej wpływa korzystnie na zmniejszenie obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego [9]. Gdy zbadano wpływ długości cyklu pracy, różnicując liczbę czynności wykonywanych przez pracowników, zauważono wzrost aktywności mięśni. Zredukowanie o 20 liczby wymaganych do wykonania czynności obniżyło amplitudę sygnału EMG o 20%, co w konsekwencji wpłynęło na osłabienie odczuwanego przez pracowników zmęczenia.

Wprowadzenie rotacji między stanowiskami pracy

Rotacja między stanowiskami, rozumiana jako zmiana wykonywanych czynności w ciągu zmiany roboczej, jest często spotykanym działaniem, służącym zmniejszeniu obciążenia mięśniowo-szkieletowego i ryzyka rozwoju MSDs. Rotacja daje możliwość odpoczynku określonej grupy mięśniowej, ponieważ podczas pracy na innym stanowisku, wykonując odmienne zadanie pracuje inna grupa mięśniowa.

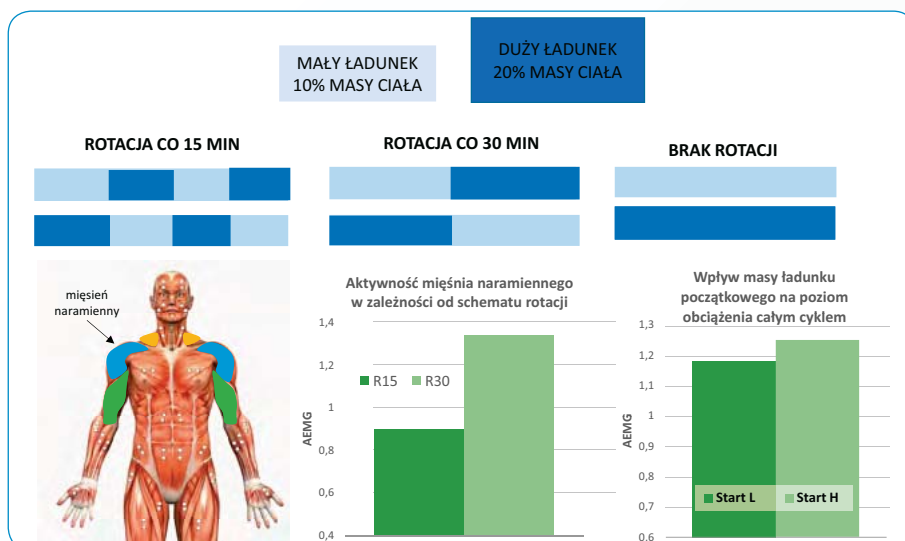
Horton z zespołem przeprowadzili badania wpływu rotacji między stanowiskami pracy różniącymi się pod względem wykonywanych czynności, a konkretniej między wartościami mas przenoszonych ładunków, czasu trwania zadań oraz kolejności wykonywania czynności: raz zaczynając od przenoszenia lżejszych ładunków, a następnie rozpoczynając od tych o większej masie [10]. Analizowano obciążenie wybranych mięśni (tj. naramiennego, dwugłowego ramienia oraz czworobocznego) z zastosowaniem EMG. Przetestowano sześć schematów pracy (rys. 4.). Pracownik wykonywał dwa rodzaje czynności, które polegały na podnoszeniu ładunku o różnej masie (10% oraz 20% masy ciała – BM), kolejno nazywane zadaniem „lekkim” i „ciężkim”.

Rezultaty badań przedstawione na rys. 4. pokazują, że w odniesieniu do wszystkich badanych mięśni, podczas pracy bez rotacji z dużym obciążeniem (20% BM), rejestrowano wyższe parametry amplitudy sygnału oraz mniejsze wartości częstotliwości średniej MPF (*Mean Power Frequency*), co świadczy o większym zmęczeniu mięśni. Podobną sytuację zaobserwowano w przypadku, gdy pracę rozpoczęto od podnoszenia 20% BM. Zastosowanie rotacji pozwoliło zmniejszyć obciążenie w stosunku do zadań bez rotacji z dużym obciążeniem. Zauważono również,



Rys. 3. Zmiana aktywności mięśnia na skutek zmiennego tempa pracy: TR – mięsień czworoboczny, część górna, DL – mięsień naramienny, część przednia, ED – prostownik palców [8]

Fig. 3. Change in muscle activity due to variable of work speed: TR – trapezius, upper part, DL – deltoid, front part, ED – extensor digitorum



Rys. 4. Wpływ typu rotacji na wartość amplitudy mięśnia dwugłowego ramienia: start L – rozpoczęcie pracy od małego obciążającego zadania, start H – rozpoczęcie pracy od zadania o wysokim stopniu obciążenia, R15 – rotacja co 15 minut, R30 – rotacja co 30 minut [10]

Fig. 4. Impact of rotation type on the value of biceps muscle amplitude: start L – begin work on low load task, start H – start from high load task, R15 – rotate every 15 minutes, R30 – rotate every 30 minutes

że zastosowanie częstszych zmian (co 15 min) wpływa korzystnie na funkcjonowanie mięśni kończyn górnych.

Podobne rezultaty otrzymano w badaniach Rainy i Dickersona, gdzie koncentrowano się na obciążeniu mięśni naramiennych [11]. Przeprowadzono cztery kombinacje ruchów, uwzględniające zgięcia ramienia i odwodzenia, w których odpowiednio zaangażowana jest część przednia i środkowa mięśnia naramiennego. W zależności od przyjętego schematu, badany w odpowiedniej konfiguracji zgiął i odwoził ramię. Na skutek wykonywania wszystkich kombinacji ruchów, zaobserwowano spadek sił maksymalnych do 78 – 88% siły początkowej.

Przeprowadzona analiza wykazała, że największe zmęczenie obserwowano podczas cią-

głego wykonywania ruchów odwodzenia, w opozycji do zadań, gdzie naprzemiennie podnoszono i odwożono ramię. Nie wykazano wpływu kolejności wykonywania zadań na zmęczenie mięśni naramiennych. Podobne badania przeprowadził zespół Keira z tą różnicą, że rotowanymi zadaniami było podnoszenie oraz chwytanie ładunku [12]. Zaobserwowano pozytywny wpływ wprowadzenia rotacji między zadaniami na zmniejszenie zmęczenia mięśni przedramion.

W ogólnej ocenie wprowadzenie rotacji na stanowiskach pracy wpływa korzystnie na zmniejszenie obciążenia mięśni biorących udział w czynnościach pracy. Badania potwierdzają, że najlepsze rezultaty osiąga się w przypadku naprzemiennego wykonywania zadań angażujących różne grupy mięśniowe.

Redukcja obciążenia przez odpowiednio dobrane przerwy w pracy

Temat długości oraz częstości występowania przerw podczas pracy, a tym samym ich wpływu zarówno na poziom percepcji, koncentracji czy wydajności, jak i zmęczenia mięśniowego, jest badany od dawna. Już niemal 100 lat temu dowiedziano w badaniach przeprowadzanych w warunkach przemysłowych, że na obniżenie zmęczenia oraz zwiększenie wydajności pozytywnie wpływają częste, krótkie przerwy w pracy [13]. W latach 80. XX wieku NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) opublikował rekomendację, w których zalecał 15-minutową przerwę co 2 godziny dla pracowników fizycznych umiarkowanie narażonych na obciążenie, zaś operatorzy wykonujący czynności mocno angażujące wzrok i pracownicy wykonujący obciążające prace powtarzalne powinni mieć przerwę nawet co godzinę.

Seria badań przeprowadzonych w przedsiębiorstwach wykazała, że przerwa 10-minutowa co godzinę jest bardziej korzystna dla obniżenia poziomu zmęczenia niż 15-minutowa co półtorej godziny [14]. Ostatnie doniesienia również potwierdzają przewagę krótkich, ale częstszych przerw nad dłuższymi przestojami w pracy w większych odstępach czasowych. Jak podaje Balci i Aghazadeh, badający zmęczenie mięśni obręczy barkowej oraz przedramion, bardzo krótkie przerwy co 15 minut (tzw. mikroprzerwy) obniżają obciążenie mięśni w stosunku do sytuacji, w której pracownik robi przerwę 10-minutową co godzinę [14]. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach McLeana i in., w których mięśnie przedramion były mniej obciążone podczas stosowania protokołu pracy z mikroprzerwami co 20 minut, niż podczas ciągłej pracy [15]. Warto podkreślić, że zastosowanie częstszych przerw nie wpływało na obniżenie produktywności.

Podsumowanie

Wykonywanie prac powtarzalnych kończy nami górnymi powoduje powstawanie nadmiernych przeciążeń, co w konsekwencji prowadzi do zmęczenia mięśniowego i zmniejszenia efektywności pracy. Dlatego istotnym aspektem jest także zaprojektowanie stanowiska pracy, aby możliwe było minimalizowanie skutków ubocznych, objawiających się zaburzeniami i dolegliwościami układu mięśniowo-szkieletowego u pracowników narażonych na czynniki ryzyka występujące podczas wykonywania pracy powtarzalnej.

Jak pokazują liczne badania, grupami mięśniowymi najbardziej narażonymi są mięśnie kończyn górnych, obręczy barkowej oraz pleców. W warunkach rzeczywistych oraz podczas symulowanych prac montażowych testuje się rozwiązania, mające na celu ograniczenie zjawiska zmęczenia mięśniowego. Proponuje się skrócenie czasu zmiany roboczej, zmniejszenie tempa pracy, wprowadzenie częstszych, ale za to krótszych przerw w czasie pracy. Niestety, wyniki badań nad proponowanymi rozwiązaniami nie są jed-

noznaczne, natomiast faktem jest, że żadna z tych zmian nie pogarsza otrzymanych wyników, tzn. nie wpływa negatywnie na stan obciążenia i zwiększenia poziomu zmęczenia mięśni.

Jedną z najbardziej zasadnych wydaje się być propozycja Srinivasana i Mathiasena, którzy zalecają wprowadzenie rotacji między stanowiskami pracy z uwzględnieniem mięśni, aktywowanych na danym stanowisku, które określane są na podstawie przyjmowanych przez pracownika pozycji i wykonywanych ruchów [16]. Przykładowo: bardziej korzystna będzie zmiana między stanowiskiem, na którym konieczne jest unoszenie ładunku i odkładanie go na pewną wysokość (przy którym aktywowane są mięśnie naramienne) a stanowiskiem, gdzie wykonuje się prace montażowe, wymagające chwytania narzędzi, przez co silnie pracują mięśnie przedramion. Rotacja spowoduje, że mięśnie ramion będą mogły się w tym czasie bardziej zregenerować, niż w przypadku zmiany na stanowisku, na którym pracownik nadal będzie pobierał i odkładał ładunek, tylko z innej wysokości.

Dobrze zaprojektowane i przeanalizowane pod względem obciążenia zewnętrznego oraz wewnętrznego stanowisko pracy, pozwoli uszczepić pracowników przed ryzykiem powstawania uszkodzeń i przeciążeń układu ruchu, co ograniczy absencję chorobową oraz wpłynie korzystnie na wydajność produkcji.

Redukcja zmęczenia mięśniowego u pracowników jest koniecznością. Może się ono pojawić w wyniku powstawania zakłóceń w ośrodkowym układzie nerwowym na skutek wystąpienia zaburzeń w przekazywaniu impulsów nerwowych na drodze nerwowo-mięśniowej. Mowa tu o zmęczeniu centralnym, bądź na skutek zmian zachodzących w samych włóknach nerwowych, co świadczy o zmęczeniu obwodowym [17]. Mechanizmy zmęczenia są ściśle zależne od intensywności, czasu trwania wysiłku i obciążenia oraz indywidualnych predyspozycji pracownika. Liczne badania sugerują, że zmęczenie mięśni może się nawet pojawić przy pracy z niskim obciążeniem, na poziomie poniżej 20% wartości maksymalnej siły mięśniowej, a czynnikiem determinującym zmęczenie jest w tym przypadku powtarzalność ruchów.

Głównym wyzwaniem w procesie projektowania stanowisk pracy powtarzalnej powinno być zatem zapewnienie takich rozwiązań ergonomicznych, które zminimalizują zmęczenie mięśniowe spowodowane wykonywaniem czynności roboczych, co zapobiegnie zaburzeniom mięśniowo-szkieletowym i da pozytywne rezultaty nie tylko w obszarze zdrowia pracowników, ale także w obszarze jakości i wydajności pracy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fuller J.R., Lomond K.V., Fung J., Cote J.N. *Posture-movement changes following repetitive motion-induced shoulder muscle fatigue*. "J. Electromyogr. Kinesiol." 2009,19,6:1043-1052
- [2] Thomsen J.F., Hansson G.A., Mikkelsen S., Lauritzen M. *Carpal tunnel syndrome in repetitive work: a follow-up study*. "Am. J. Ind. Med." 2002,42,4:344-353
- [3] Wells R., McFall K., Dickerson C.R. *Task selection for increased mechanical exposure variation: relevance to job rotation*. "Ergonomics" 2010,53,3:314-323
- [4] Occhipinti E. *A concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the Upper limbs*. "Ergonomics" 1998,41,9:1290-1311
- [5] Moore J.S., Garg A. *The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal Upper extremity disorders*. "Am. Ind. Hyg. Assoc. J." 1995,56,5:443-458
- [6] 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
- [7] Gooyers C.E., Stevenson J.M. *The impact of an increase in work rate on task demands for a simulated industrial hand tool assembly task*. "International Journal of Industrial Ergonomics" 2012,42,1:80-89
- [8] Bosch T., de Looze M.P., Mathiassen S.E., Visser B., de Looze M.P., van Dieën J.H. *The effect of work pace on workload, motor variability and fatigue during simulated light assembly work*. "Ergonomics" 2011,54,2:154-168
- [9] Mathiassen, S.E., Winkel, J. *Physiological comparison of three interventions in light assembly work: reduced work pace, increased break allowance and shortened working days*. "Int. Arch. Occup. Environ. Health" 1996,68,2:94-108
- [10] Horton L.M., Nussbaum M.A., Agnew M.J. *Rotation during lifting tasks: effects of rotation frequency task order on localized muscle fatigue and performance*. "Journal of Occupational and Environmental Hygiene" 2014,12,2:95-106
- [11] Raina S.M., Dickerson C.R. *The influence of job rotation and task order on muscle fatigue: a deltoid example*. "Work a J. Prev. Assess. Rehabil." 2009,34,2:205-213
- [12] Keir P.J., Saneil K., Holmes M.W.R. *Task rotation effects of upper extremity and back muscle activity*. "Applied Ergonomics" 2011,42,6: 814-819
- [13] Wyatt S., Fraser J.A. *Studies in repetitive work with special reference to rest-pauses*. "Industrial Fatigue Research Board" 1925
- [14] Balci R., Aghazadeh F. *Effects of exercise breaks on performance, muscular load, and perceived discomfort in data entry and cognitive tasks*. "Journal Computers and Industrial Engineering" 2004,46,3:399-411
- [15] McLean L., Tingley M., Scott R.N., Rickards J. *Computer terminal work and the benefit of microbreaks*. "Applied Ergonomics" 2001,32,3:225-237
- [16] Srinivasan D., Mathiassen S.E. *Motor variability in occupational health and performance*. "Clin. Biomech." 2012,27(10): 979-993
- [17] Williams C., Rattel S. *Human Muscle Fatigue*. Routledge, Abingdon, Oxon 2009

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2014-2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

SPROSTOWANIE

Do wersji drukowanej lutowego numeru miesięcznika „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” (nr 2 (545) 2017, s. 20) wkraść się błąd. Artykuł pt. „Adaptacja akustyczna pomieszczeń biurowych z zastosowaniem dźwiękochłonnych sufitów podwieszanych” został podpisany nazwiskiem dr. inż. Witolda Mikulskiego, podczas gdy powinien zostać podpisany jako artykuł współautorstwa dr. inż. Witolda Mikulskiego i mgr inż. Izabeli Warmiak. Redakcja przeprasza za zaistniałą sytuację.