

Ocena obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego i ryzyka rozwoju dolegliwości kończyn górnych



Fot. Sebastian Kaulitzki/Bigstockphoto

W artykule przedstawiono główne czynniki biomechaniczne determinujące obciążenie kończyn górnych podczas wykonywania pracy, ze szczególnym uwzględnieniem prac powtarzalnych. Zarysowano także zasady oceny obciążenia mięśniowo-szkieletowego i ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych z zaprezentowaniem głównych metod stosowanych do tego typu oceny.

Evaluation of musculoskeletal load and risk of developing upper limb disorders

The article presents the main biomechanical factors determining the load of upper limbs when working, with particular focus on repetitive tasks. The principles for evaluating musculoskeletal load and the risk of developing musculoskeletal disorders are described; the leading methods relevant to this type of evaluation are presented.

Wprowadzenie

Coraz powszechniejsza staje się świadomość, że jednym z bardziej istotnych czynników zagrożenia w środowisku pracy jest nadmierne obciążenie fizyczne, skutkujące różnego typu schorzeniami mięśni, ścięgien i więzadeł. Zmiany chorobowe w obrębie mięśni, ścięgien i nerwów powstają w wyniku urazu bądź też kumulujących

się skutków ciągłego obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego powiązanego z czynnościami wykonywanymi na stanowisku pracy [1].

Podstawowe czynniki decydujące o rozwoju zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego można podzielić na genetyczne, morfologiczne, psychospołeczne i biomechaniczne. W każdej z tych kategorii występuje wiele zmiennych, determinujących rozwój schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego. Różne stanowiska pracy i wykonywane na nich czynności powodują odmienne obciążenie pracownika. Inne obciążenie, a co za tym idzie innego typu dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego występują na skutek wykonywania pracy w pozycji siedzącej, inne związane są z pozycją stojącej. Poza tym, inne obciążenie powodują prace powtarzalne, a inne prace wymagające stałego utrzymywania pozycji ciała.

Szpecólnie duże zagrożenie chorobami i dolegliwościami układu mięśniowo-szkieletowego stanowią prace, przy których aktywność ruchowa kończyn górnych ma charakter powtarzalny. Praca powtarzalna występuje wówczas, gdy wymaga wielokrotnego wykonywania podobnych cykli czynności roboczych. Podobieństwo cykli rozumiane jest w sensie sekwencji czasowych, rozwijanych sił mięśniowych oraz przestrzennej charakterystyki ruchów. Większość wykonywanych prac, szczególnie prac powtarzalnych wymaga zaangażowania kończyn górnych, bardzo często z obciążeniem statycznym pleców.

Biomechaniczne czynniki obciążenia

W celu zmniejszenia zakresu występowania dolegliwości mięśniowo-szkieletowych należy tak zaprojektować czynności na stanowisku pracy, aby były one wykonywane w sposób optymalny, z uwzględnieniem czynników decydujących o obciążeniu mięśniowo-szkieletowym osób pracujących na tym stanowisku. Wpływ na obciążenie i zmęczenie podczas pracy, a poprzez to na rozwój dolegliwości mięśniowo-szkieletowych mają głównie czynniki biomechaniczne, wśród których szczególne znaczenie mają pozycja ciała i wywierana siła tzw. siła zewnętrzna (jej typ, kierunek działania i wartość). Bardzo duże znaczenie ma także czas utrzymywania obciążenia wynikającego z pozycji ciała i/lub wywieranej siły. Trzy wymienione podstawowe

czynniki biomechaniczne determinują obciążenie i zmęczenie spowodowane wykonywaniem określonych czynności pracy, a ryzyko rozwoju schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego związane jest ściśle z łącznym oddziaływaniem tych czynników. Oznacza to, że zarówno ocena obciążenia, jak i ocena ryzyka rozwoju dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego wymaga uwzględnienia tych podstawowych czynników biomechanicznych, a to z kolei wymusza analizę pozycji ciała pracownika podczas pracy, typu i wartości wywieranej siły oraz czasu trwania poszczególnych sekwencji czynności pracy.

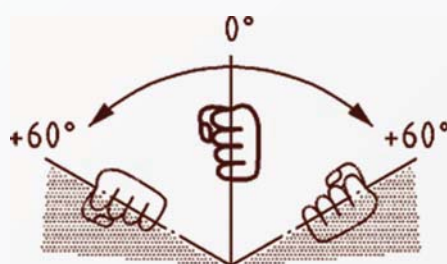
Ponieważ kończyny górne odgrywają największą rolę podczas wykonywania pracy powtarzalnej, ich obciążenie powinno być przedmiotem szczególnego zainteresowania. Ważna jest nie tylko częstość powtórzeń, ale także uwzględnienie sił w poszczególnych fazach cyklu pracy, jak również położenia kończyny.

Metody oceny obciążenia mięśniowo-szkieletowego kończyn górnych

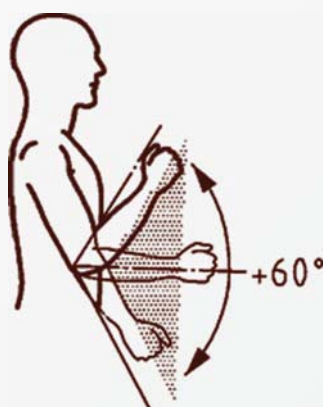
Metody oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego, wynikającego z wykonywania czynności pracy, można podzielić na metody oceny obciążenia wewnętrznego oraz zewnętrznego. Obciążenie wewnętrzne oceniane jest na podstawie reakcji organizmu na zadawane obciążenie zewnętrzne.

W metodach oceny obciążenia zewnętrznego jest ono oceniane na podstawie parametrów położenia poszczególnych członów ciała, siły wywieranej przez pracownika oraz sekwencji czasowych obciążenia. W przypadku pracy powtarzalnej parametry te odnoszą się do długości cyklu, długości jego poszczególnych faz, względnej siły każdej z nich oraz ich liczby. Obciążenie wewnętrzne i zmęczenie, powstające na jego skutek, oceniane jest na bazie różnych wskaźników fizjologicznych reakcji organizmu, takich 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.

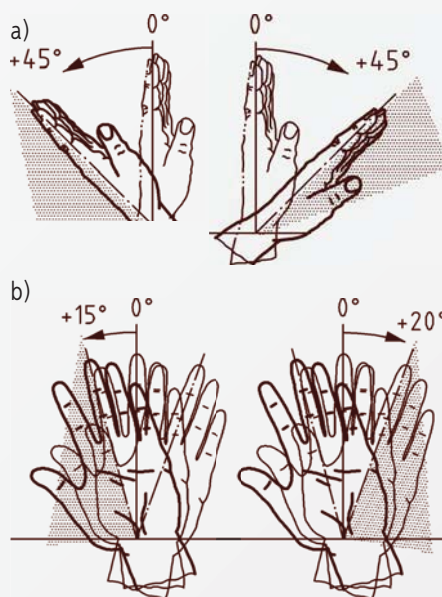
Inny podział metod opiera się na następującym kryterium: czy metoda umożliwia ocenę



Rys. 1. Pronacja i supinacja przedramienia (PN-EN-1005-5)
Fig. 1. Pronation and supination of the forearm (PN-EN-1005-5)



Rys. 2. Zginanie łokcia (PN-EN-1005-5)
Fig. 2. Elbow flexion (PN-EN-1005-5)



Rys. 3. Położenie i ruch w nadgarstku: a) zginanie/prostowanie; b) odwodzenie/przywodzenie (PN-EN-1005-5)
Fig. 3. Posture and movement in the wrist: a) flexion/extension; (b) abduction/adduction (PN-EN-1005-5)

obciążenia za pomocą wskaźników bezwzględnych, czy też ocenę ryzyka związanego z rozwojem dolegliwości mięśniowo-szkieletowych przez odniesienie wartości wskaźnika obciążenia do wartości granicznych stref ryzyka. Oznacza to, że ocena ryzyka możliwa jest tylko wówczas, gdy występują kryteria umożliwiające odniesienie wskaźnika obciążenia w jednej ze stref ryzyka.

Tabela 1. Kod oceny każdej ze zmiennych uwzględnianych we wskaźniku SI w zależności od zakresu wartości zmiennej
Table 1. Evaluation code for each variable included in the SI index depending on the range of the variable

Intensywność wywieranej siły	Czas wywierania siły (% cyklu)		Liczba czynności na minutę		Pozycja ręki w nadgarstku		Szybkość pracy		Czas wykonywania czynności w ciągu dnia, w godz.		
	kod	kod	kod	kod	kod	kod	kod	kod	kod		
Mała	1	< 10	0,5	< 4	0,5	bardzo dobra	1	bardzo wolno	1	≤ 1	0,25
Średnia	3	10-29	1	4-8	1	dobra	1	wolno	1	1-2	0,5
Duża	6	30-49	1,5	9-14	1,5	średnia	1,5	średnio szybko	1	2-4	0,75
Bardzo duża	9	50-79	2	15-19	2	zła	2	szybko	1,5	4-8	1
Prawie maksymalna	13	≥ 80	3	≥ 20	3	bardzo zła	3	bardzo szybko	2	≥ 8	1,5

Pomimo zdefiniowania czynników ryzyka występujących na stanowisku pracy i wpływających na rozwój dolegliwości mięśniowo-szkieletowych (*Musculoskeletal Disorders* – MSDs) w dalszym ciągu problematyczne jest określenie poziomów krytycznych progów narażenia. Szczególnego znaczenia problem ten nabiera w przypadku prac o umiarkowanym lub niewielkim obciążeniu fizycznym struktur układu mięśniowo-szkieletowego. Jest to tym trudniejsze, iż np. w przypadku pracy powtarzalnej kończyn górnych występuje potrzeba określenia nie tylko częstości powtórzeń, ale także uwzględnienia sił w poszczególnych fazach cyklu pracy, jak również położenia kończyny.

Pierwszym krokiem w ocenie ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych jest ustalenie stopnia obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego. Ocena ryzyka możliwa jest tylko wówczas, gdy występują kryteria różniące wartości wskaźników obciążenia mięśniowo-szkieletowego. Niektóre z metod mogą służyć do ogólnej oceny, ale mogą także być ukierunkowane na ocenę obciążenia, bądź ocenę ryzyka rozwoju dolegliwości w konkretnych obszarach ciała. Różnice w ich stosowaniu polegają przede wszystkim na sposobie postępowania podczas identyfikacji zagrożeń, a także sposobie oceny obciążenia oraz, w pewnych przypadkach, wyznaczania wielkości ryzyka z nim związanego. Różna jest również dokładność metod oceny, jako że zazwyczaj wiąże się ją z zastosowaną metodyką, ale także z dokładnością danych wejściowych. Ocena zależy od tego, czy wprowadzane wartości są mierzone, czy też tylko szacowane zgodnie z subiektywną oceną pracownika, bądź osoby przeprowadzającej analizę pracy.

Do oceny obciążenia i rozwoju ryzyka dolegliwości związanego z wykonywaniem prac powtarzalnych kończyn górnych mogą być stosowane takie metody, jak OCRA (*Occupational Repetitive Actions*) [2], ULRA (*Upper Limb Risk Assessment*) [3], czy *Strain Index* (SI) [4].

Metoda Wskaźnika SI

Wskaźnik SI został opracowany na bazie wiedzy z zakresu fizjologii, biomechaniki i epidemiologii, dotyczącej obszaru nadgarstka, z uwzględnieniem wieloczynnikowych zależności pomiędzy

parametrami opisującymi wykonywane czynności pracy [4]. Wskaźnik ten obliczany jest jako iloczyn współczynników 6 zmiennych, przy uwzględnieniu oceny przypisanej każdej z nich. Współczynniki odnoszą się do zmiennych opisujących pozycję ciała, wywieraną siłę oraz czas obciążenia. Każdej ze zmiennych przypisywany jest kod, w zależności od jej wartości (tab. 1.). Ze względu na to, że 3 spośród 6 zmiennych szacowane są jedynie jakościowo, należy przyjąć, że przy zastosowaniu tej metody uzyskuje się ocenę bliską ocenie ilościowej.

Siła wywierana podczas pracy powtarzalnej opisywana jest zmienną „intensywność wywieranej siły”, która odnosi się do wymagań siłowych i odzwierciedla wielkość wysiłku mięśniowego koniecznego do wykonania danej czynności. Zmienna „pozycja ręki w nadgarstku” dotyczy anatomicznego położenia ręki względem przedramienia w odniesieniu do położenia naturalnego. Pozycja w nadgarstku oceniana jest subiektywnie jako bardzo dobra, dobra, średnia, zła lub bardzo zła.

Do czasu utrzymywania wysiłku odnoszą się 4 zmienne. „Czas wywierania siły” oddaje biomechaniczne i fizjologiczne napięcie mięśni i jest zależny od tego, jak długo wysiłek jest utrzymywany. Zmienna ta jest charakteryzowana przez procent czasu występowania danego typu wysiłku. „Liczba czynności na minutę” jest odpowiednikiem częstości powtórzeń, „szybkość pracy” natomiast jest oceniana jako rytm pracy – subiektywnie odczuwany przez osobę analizującą pracę; wybór dotyczy jednej z 5 możliwości. „Czas wykonywania czynności pracy” określa całkowity czas poświęcony na wykonywanie analizowanych czynności pracy z uwzględnieniem dobroczynnych efektów związanych z rotacją pracowników na stanowiskach pracy, ale także tych związanych z pracą w wydłużonym wymiarze. Stąd występuje podział na 5 zakresów, ograniczony wartościami poniżej 1 godz. i powyżej 8 godz.

Wskaźnik SI wyraża obciążenie zewnętrzne. Jednak ze względu na fakt, że odpowiedzi bazują na subiektywnych odczuciach osoby badanej, należy przyjąć, iż pomimo wyrażania obciążenia w powiązaniu ze stanowiskiem pracy, ocena jest obciążona subiektywnością odczuć pra-

cownika, co pośrednio wyraża jego obciążenie wewnętrzne. Stąd też w metodzie SI zależności pomiędzy danymi o narażeniu a wartościami współczynników poszczególnych zmiennych nie są oparte na wyraźnych zależnościach pomiędzy zmiennymi opisującymi czynności pracy, a reakcją pracownika ujętą jako wskaźniki fizjologiczne, biomechaniczne lub epidemiologiczne.

Podwyższona wartość wskaźnika SI może wskazywać na ryzyko rozwoju schorzeń mięśniowo-szkieletowych. Należy jednak podkreślić, że wskaźnik SI został opracowany w celu przewidywania głównie dolegliwości mięśni i ścięgien obszaru nadgarstka ze szczególnym uwzględnieniem zespołu cieśni kanału nadgarstka (*Carpal Tunnel Syndrome* – CTS), a nie wszystkich dolegliwości kończyn górnych.

Metoda OCRA

Metoda OCRA służy ocenie ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych kończyn górnych [2, 5, 6]. Indeks OCRA wyraża wskaźnik narażenia, który jest wynikiem stosunku częstości powtórzeń określonej jako częstość odniesienia do zalecanej liczby czynności podstawowych, liczonej w ciągu minuty.

Zalecana liczba czynności podstawowych wyznaczona jest z zastosowaniem zależności matematycznej, będącej iloczynem wszystkich współczynników opisujących wykonywane czynności powtarzalne, odnoszących się do położenia kończyny górnej, wywieranych sił i sekwencji czasowych, mogących mieć wpływ na obciążenie pracownika i ryzyko rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych.

Podstawą jest tutaj „współczynnik pozycji ciała”, określany na podstawie kombinacji położenia kończyny górnej i czasu utrzymywania tego położenia w strefie zagrożenia. Jest ono opisywane z uwzględnieniem pronacji i supinacji przedramienia (rys. 1.), zginania/prostowania łokcia (rys. 2.), a także zginania/prostowania oraz przywodzenia/odwodzenia nadgarstka (rys. 3.). Jego wartości przyjmowane są w zależności od czasu występowania w strefie zagrożenia, zdefiniowanych wartościach kątów w stawach, jak pokazano na rys. 1.-3.

Do czynnika czasu odnoszą się trzy współczynniki. Powtarzalność wykonywanych czynności pracy charakteryzowana jest przez „współczynnik powtarzalności”. Kiedy zadanie wymaga wykonywania kończynami górnymi tych samych czynności podstawowych przez przynajmniej 50% czasu cyklu, lub gdy czas cyklu jest krótszy niż 15 s, wartość tego współczynnika wynosi 0,7 – w innym przypadku wynosi 1. Do czynnika czasu odnosi się także „współczynnik odpoczynku” oraz „współczynnik czasu pracy powtarzalnej”.

Całkowity czas trwania pracy powtarzalnej jest ważnym czynnikiem ryzyka rozwoju dolegliwości kończyn górnych. Wówczas, gdy czynności powtarzalne wykonywane są przez okres od 240 do 480 min, „współczynnik czasu pracy powtarzalnej” wynosi 1. Jeżeli podczas zmiany

Tabela 2. Wartość współczynnika siły dla różnych poziomów siły podczas cyklu pracy (PN-EN 1005-2)

Table 2. The value of the force multiplier for different levels of force during the working cycle (PN-EN 1005-2)

Poziom siły wyrażony jako % maksymalnej siły izometrycznej	5	10	20	30	40	≥ 50
Wynik odzwierciedlający subiektywną ocenę odczucia wywieranej siły	bardzo słabo	bardzo słabo	słabo	średnio	mocno	bardzo mocno
Współczynnik siły	1	0,85	0,65	0,35	0,2	0,01

robotycznej czynności powtarzalnej wykonywane są dłużej, współczynnik czasu pracy powtarzalnej jest zmniejszany, czasami nawet do 0,5. „Współczynnik odpoczynku” służy do uwzględnienia udziału liczby godzin w czasie zmiany robotycznej bez odpowiedniego odpoczynku.

Siła wywierana w poszczególnych cyklach pracy wyrażana jest przez „współczynnik siły”, który, w przypadku znanej populacji użytkowników, może zostać określony na podstawie oceny subiektywnej. W przypadku nieznaney, zakładanej populacji pracowników współczynnik siły może zostać także określony poprzez odniesienie siły wywieranej do siły określonej jako maksymalna dla ogólnej populacji pracowników. Ocena siły dotyczy każdej czynności składającej się na cykl pracy. Wartość współczynnika siły z uwzględnieniem oceny subiektywnej oraz oceny obiektywnej (procent siły maksymalnej) określana jest na podstawie tab. 2.

Takie czynniki dodatkowe, jak wibracje czy zimne powietrze mogą powodować uszkodzenia mięśni i ścięgien, a rękawice czy nieporęczne narzędzia zwiększają wymagania siłowe. Dlatego też w ocenie ryzyka uwzględniany jest „współczynnik czynników dodatkowych”. Jeżeli czynnik ten występuje w ograniczonym zakresie (do 24% czasu trwania cyklu), współczynnik czynników dodatkowych wynosi 1. Wraz ze wzrostem czasu oddziaływania czynnika bądź czynników wartość współczynnika maleje i może wynosić do 0,8 w przypadku, gdy występuje jeden lub więcej czynników dodatkowych przez więcej niż 80% czasu trwania cyklu.

Metoda OCRA ma zastosowanie do oceny ryzyka podczas pracy powtarzalnej kończyn górnych. Jednym z najbardziej istotnych ograniczeń tej metody jest nieuwzględnienie zmian położenia ramienia – takie podejście zmniejsza dokładność oceny ryzyka. W przypadku oceny siły również może występować subiektywność oceny. Istotne jest też podkreślenie, iż położenie przedramienia i ręki zróżnicowane jest tylko na dwa obszary, zatem położenie danego członu kończyny określone jest jako dobre lub jako złe. Oznacza to ograniczenie obszaru zastosowań metody.

Metoda ULRA

W metodzie ULRA obciążenie kończyny górnej wyrażane jest wartością wskaźnika obciążenia pracą powtarzalną (*Repetitive Task Indicator* – RTI), który wyliczany jest z zależności matematycznej uwzględniającej takie parametry, jak długość cyklu, długość jego poszczególnych faz, liczba jego faz oraz względna siła każdej

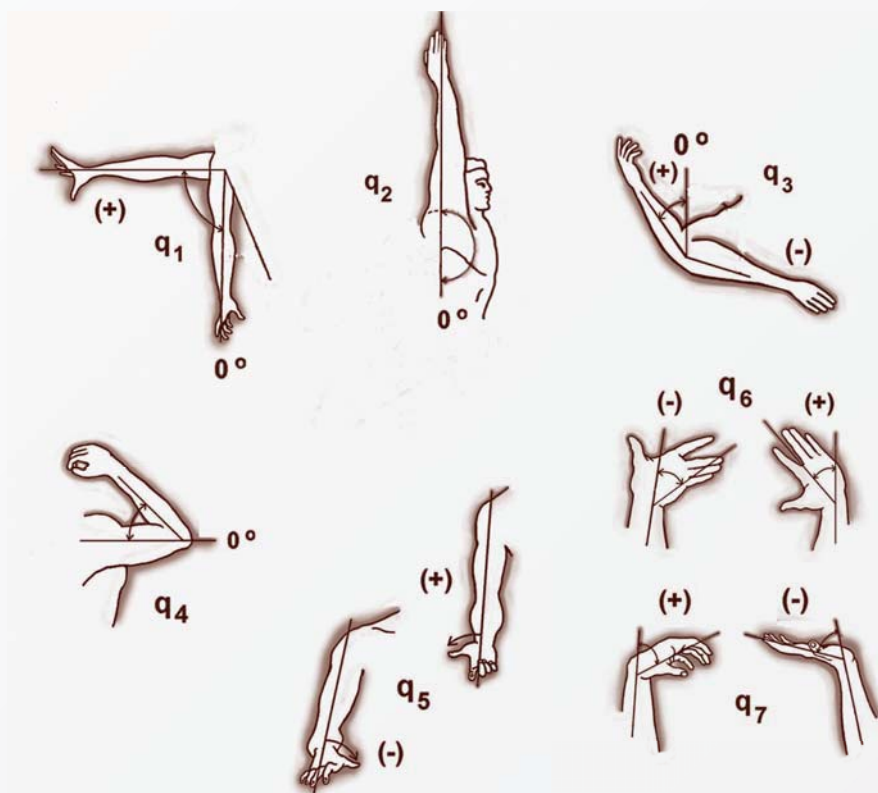
z nich. Zróżnicowanie siłowe dotyczy zarówno typu siły faz cyklu pracy, jak i wartości względnej w każdej z faz cyklu [7].

Podstawowe typy aktywności siłowej zdefiniowano tak, aby odzwierciedlone zostały typowe, najczęściej wykonywane czynności pracy. Wyróżniono takie aktywności siłowe, w które zaangażowana jest tylko ręka oraz te, gdzie 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 (ang. *tip pinch*), chwyt palcowy (ang. *palmar pinch*) oraz chwyt boczny (ang. *lateral pinch*). Typy i wartości sił uwzględnionych w metodzie i występujących w każdej z faz cyklu pracy podawane są jako wartości względne siły bądź jako wartości bezwzględne wywieranej siły. W drugim przypadku wartość wywieranej siły odnoszona jest do siły maksymalnej tego samego typu, wobec takiego samego położenia kończyny górnej. Możliwości siłowe i siła maksymalna zmieniają się wraz ze zmianą położenia kończyny górnej, przy czym zmiany te różnią się w zależności od typu aktywności siłowej. Wartość maksymalna siły obliczana jest z zastosowaniem zaimplementowanych w metodzie zależności matematycznych jako funkcja kątów definiujących położenie kończyny górnej.

Położenie kończyny górnej wyrażane jest wartościami siedmiu kątów, co przy przyjęciu jej trójczłonowego modelu (ręka wyrażana jest jako człon sztywny) umożliwia zdefiniowanie dowolnego położenia ramienia, przedramienia i ręki [7]. W stawie ramiennym położenie kończyny górnej definiowane jest trzema kątami: odwodzenia/przywodzenia, zginania/prostowania oraz obrotu wokół osi, a w stawie łokciowym – kątem zginania oraz kątem obrotu przedramienia. Natomiast w stawie promieniowo-nadgarstkowym występują dwa kąty: odwodzenia/przywodzenia oraz zginania/prostowania (rys. 4.).

Ze względu na to, że czynności pracy zawierają kilka typów aktywności siłowych wykonywanych w tym samym czasie należy założyć, że każda faza cyklu pracy charakteryzowana jest przez wartość siły, będącą sumą wartości sił składowych. Zatem względna siła danej fazy cyklu wyrażona jest jako pierwiastek kwadratowy z sumy kwadratów względnych sił składowych.

Na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego ma wpływ zarówno długość cyklu pracy, jak i liczba faz w danym cyklu, co zostało uwzględnione w metodzie ULRA. Jest to zindywidualizowana metoda, która może odnosić



Rys. 4. Graficzne przedstawienie kątów umożliwiających zdefiniowanie położenia kończyny górnej: q_1 – kąt przywodzenia/odwodzenia ramienia opisywany w płaszczyźnie poprzecznej; q_2 – kąt prostowania/zginania ramienia w płaszczyźnie strzałkowej; q_3 – kąt obrotu wokół osi ramienia; q_4 – kąt zginania w łokciu; q_5 – kąt obrotu wokół osi przedramienia; q_6 – kąt przywodzenia/odwodzenia w nadgarstku; q_7 – kąt prostowania/zginania w nadgarstku [7]

Fig. 4. Graphic presentation of the angles that make it possible to define upper limb posture: the angle of abduction/adduction in the arm joint (q_1), the angle of flexion/extension in the arm joint (q_2), the angle of abduction/adduction in the elbow joint (q_3), the angle of flexion/extension in the elbow joint (q_4), the angle of forearm rotation (q_5), the angle of abduction/adduction in the wrist joint (q_6), the angle of flexion/extension in the wrist joint (q_7) [7]

się do pracownika poprzez uwzględnienie jego możliwości siłowych, ale także bezpośrednio do stanowiska pracy przy zastosowaniu ogólnych zależności pozwalających na wyznaczenie siły maksymalnej. Metoda ta może służyć do oceny ryzyka rozwoju dolegliwości kończyn górnych w przypadku oceny stanowiska pracy powtarzalnej z uwzględnieniem dokładnego położenia kończyny górnej oraz dokładnej charakterystyki czasowej przy uwzględnieniu wartości sił – można ją jednak również stosować w przypadkach, gdy praca nie ma charakteru powtarzalnego.

Podsumowanie

Zarówno metody służące ocenie jedynie obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego, jak i te, które wyposażone są w kryteria umożliwiające dokonanie oceny ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych, są narzędziem zapobiegania ich rozwojowi wśród pracowników.

Dokładność oceny ryzyka powiązana jest z metodyką zastosowaną podczas oceny, ale także z dokładnością danych wejściowych. Ocena zależy od tego, czy wprowadzane wartości są mierzone, czy też tylko szacowane zgodnie

z subiektywną oceną pracownika bądź osoby przeprowadzającej analizę pracy. Dokładniejszą ocenę obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego można przeprowadzić na podstawie pomiarów wartości określonych parametrów, będących danymi wejściowymi do zastosowanej metody, w stosunku do wartości subiektywnie szacowanych przez osobę wykonującą ocenę.

W artykule scharakteryzowano trzy metody oceny ryzyka rozwoju dolegliwości kończyn górnych, zróżnicowane ze względu na algorytm oceny oraz dokładność danych wejściowych. Metoda Wskaźnika SI służy do oceny ryzyka rozwoju dolegliwości w obszarze nadgarstka, metoda OCRA również przedramienia, natomiast metoda ULRA odnosi się do obciążenia całej kończyny górnej, stąd też opisuje ryzyko rozwoju dolegliwości dla całej kończyny.

Opisane metody wyrażają obciążenie zewnętrzne, jednak z komponentą oceny subiektywnej, czyli wyrażonego przez pracownika odczuwania ciężkości związanej z wywieraniem siły (SI, OCRA), bądź dzięki uwzględnieniu w zależnościach matematycznych zmierzonych możliwości siłowych określonego pracownika (ULRA). Dostarczenie wskaźników uwzględnia-

jących w ocenie czynniki osobnicze jest zaletą, gdyż mogą one zmienić obciążenie od akceptowalnego do stanowiącego znaczące zagrożenie dla zdrowia pracownika.

Metody SI oraz OCRA mają charakter obserwacyjny: ocena przeprowadzana jest na podstawie charakterystyki czynności wykonywanych na stanowisku pracy, opracowanej przez osobę oceniającą, co w pewien sposób wpływa na wynik. Główne ograniczenie metody OCRA stanowi to, że odnosi się ona tylko do prac całkowicie powtarzalnych. Metoda uwzględnia tylko kończyny górne bez obszaru barków, co znacznie ogranicza kompleksową ocenę, a ponadto traktuje różne czynności w taki sam sposób i przy zastosowaniu takich samych kryteriów.

Wskaźnik obciążenia pracą powtarzalną (RTI), zastosowany w metodzie ULRA, wyraża obciążenie kończyny górnej w sposób ilościowy, co ma duże znaczenie z punktu widzenia optymalizacji obciążenia na stanowisku pracy. Należy przy tym podkreślić, że opracowany wskaźnik odnosi się nie tylko do pracy powtarzalnej, ale może być również zastosowany do oceny prac nie mających charakteru powtarzalnego.

Trzeba zatem podkreślić, że dobór jednej z trzech przedstawionych metod – w celu przeprowadzenia oceny ryzyka rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych uwarunkowany jest rodzajem stanowiska pracy oraz oczekiwaniami dotyczącymi dokładności oceny.

PIŚMIENNICTWO

- [1] J. Bugajska i in. *Profilaktyka dolegliwości mięśniowo-szkieletowych w kontekście psychospołecznych aspektów pracy*. „Bezpieczeństwo Pracy” 4 (475)2011
- [2] E. Occhipinti *OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs*. „Ergonomics” 41 (9)1998, 1290-1311
- [3] D. Roman-Liu *Ocena obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego pracą fizyczną z wykorzystaniem programu komputerowego LIMB*. „Bezpieczeństwo Pracy” 5 (406)2005
- [4] J. S. Moore, A. Garg 1995. *The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders*. „American Industrial Hygiene Association Journal” 56/1995, 443-458
- [5] *EN 1005-5 Safety of machinery – human physical performance – risk assessment for repetitive handling at high frequency*. February, 2007
- [6] D. Roman-Liu *Metoda oceny ryzyka związanej z pracą powtarzalną według EN 1005-5*. „Bezpieczeństwo Pracy” 7-8 (430-431)2007
- [7] D. Roman-Liu *Analiza biomechaniczna pracy powtarzalnej*. CIOP-PIB. Warszawa, 2003

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.