

# **Koszt fizjologiczny i energetyczny pracy fizycznej statycznej - pojęcia, metody oceny, optymalizacja obciążeń**

prof. dr hab. med. Henryk Kirschner - Akademia Medyczna w Warszawie  
(artykuł z pakietu edukacyjnego „Nauka o pracy - bezpieczeństwo, higiena, ergonomia” CIOP)

## **1. Dane ogólne**

Mięśnie szkieletowe cechują się dwojakim rodzajem aktywności: dynamiczną i statyczną. Pierwsza wiąże się z czynnością skurczową, podczas której dochodzi do zmniejszenia długości mięśnia i zbliżenia miejsc jego przyczepów na częściach kostnych. W ten sposób odbywają się ruchy lokomocyjne, a także pokonywanie oporów zewnętrznych, co umożliwia wykonywanie różnych operacji ruchowych prowadzących do przemieszczania przedmiotów, posługiwania się narzędziami i innych oddziaływań na środowisko. Siła mięśni działa wówczas wzdłuż pewnej drogi i jest wykonywana praca mechaniczna, którą w określonych warunkach można łatwo zmierzyć, np. w trakcie podnoszenia ciężaru na określoną wysokość czy jazdy na cykloergometrze. Taki rodzaj wysiłku nazywamy pracą dynamiczną. U jej podłoża leżą izotoniczne skurcze mięśni, w czasie których mięśnie ulegają skróceniu przy względnie stałym napięciu. W rzeczywistości mięsień, który podczas skracania się pokonuje opór zewnętrzny, nie wykazuje stałego napięcia. Dlatego używana jest również nazwa „skurcz auksotoniczny”.

Praca statyczna stwarza inny, również bardzo istotny rodzaj aktywności mięśniowej. Jej istotą są skurcze izometryczne, charakteryzujące się tym, że stan pobudzenia powoduje wzrost napięcia mięśni, natomiast nie ulegają one skróceniu. W rezultacie nie następuje zbliżanie się do siebie miejsc ich przyczepu na częściach kostnych. Rozwijana siła mięśniowa pozostaje w stanie równowagi z oporem zewnętrznym lub siłą ciężkości. Nie ma zatem efektu pracy w sensie mechanicznym. Jednak wzrost napięcia mięśnia, spowodowany jego izometrycznym skurczem, jest czynnym procesem fizjologicznym stanowiąc często duże obciążenie dla organizmu. Dlatego mówimy o pracy statycznej.

Podstawowa część obciążeń typu statycznego jest związana z napięciami posturalnymi odgrywającymi rolę w utrzymaniu pożądanej pozycji ciała. Pełną relaksację mięśniową uzyskuje się w zasadzie tylko w pozycji leżącej lub półleżącej. W innych pozycjach ciała rozwijana siła napinających się mięśni oddziałuje na kośćciec, zapewniając jego stabilizację przestrzenną wobec działania siły grawitacji. Praktycznie każdej pracy dynamicznej towarzyszą napięcia statyczne części grup mięśniowych, decydujące o pożądanej pozycji ciała. Część napięć statycznych ma charakter operacyjny, bezpośrednio związany z wykonywaną pracą, np. przy posługiwaniu się ciężkimi narzędziami, ręcznym podtrzymywaniu metalowych elementów przed ich zamocowaniem w obrabiarce itp. Napięcia operacyjne wiążą się przede wszystkim z koniecznością utrzymania kończyn górnych na pewnej wysokości oraz z ich obciążeniem. Odgrywają przy tym rolę kąty rozmieszczenia ramion i przedramion w stosunku do tułowia i połączeń stawowych.

Elementy statyczne pojawiają się również w pracy dynamicznej, jeśli skurcze mięśniowe - szczególnie przy znacznym obciążeniu - odbywają się powoli, co pod pewnymi względami upodabnia je do skurczów izometrycznych. W tej kategorii mieszczą się operacje ruchowe ze znaczną komponentą siłową.

## **2. Charakterystyka wysiłków statycznych**

Aktywność mięśni w czasie typowych wysiłków statycznych i dynamicznych różni się w zasadniczy sposób. Najbardziej istotną cechą tej różnicy jest odmienny w obu wypadkach charakter skurczu mięśniowego. Podczas pracy dynamicznej skurcz odbywa się naprzemiennie z udziałem zginaczy i prostowników, tj. antagonistycznych grup mięśniowych. W ten sposób mięsień uczestniczący w pracy, po okresie krótkotrwałego skurczu, powraca do stanu wyjściowego i reakcja skurczowa może być powtórzona. Ma to duże znaczenie z punktu widzenia przemian metabolicznych zachodzących w pracującym mięśniu. Naprzemiennie stany skurczu i rozkurczu nie tylko nie utrudniają, lecz wręcz ułatwiają krążenie krwi (efekt tzw. pompy mięśniowej) i wymianę składników między dopływającą krwią i pracującymi mięśniami. Mimo intensywnej pracy, dostarczanie tlenu i składników odżywczych oraz usuwanie dwutlenku węgla i innych produktów rozpadu może się odbywać bez trudności nawet przez długi czas.

Sytuacja jest odmienna podczas pracy statycznej. Długotrwałe napięcie mięśnia, poprzez ucisk na naczynia krwionośne, utrudnia swobodny przepływ krwi, co z kolei zakłóca dostarczanie niezbędnych składników i usuwanie produktów przemiany materii. W tych warunkach ułatwiony jest rozwój zmęczenia. Powstaje poczucie dyskomfortu, aż do pojawienia się reakcji bólowych w napiętych mięśniach. Całkowite przerwanie przepływu krwi przez mięsień

następuje w czasie skurczu odpowiadającego około 50% jego maksymalnej siły. Utrudnienia przepływu pojawiają się przy dużo mniejszych napięciach mięśniowych, odpowiadających 10% siły maksymalnej (a nawet mniej). Jednak stopień tolerancji napięć o takim natężeniu jest dostatecznie wystarczający nawet przy dłuższej trwającym wysiłku.

Istotną cechą pracy statycznej jest stosunkowo małe zużycie energii. Nawet duże obciążenie w tych warunkach powoduje znacznie mniejszy wydatek energetyczny niż np. w czasie wykonywania lekkiej pracy dynamicznej. Koszt fizjologiczny pracy statycznej nie może być zatem wyrażony w kaloriach (kJ). Mimo niewielkiego zapotrzebowania energetycznego, w statycznie pracującym mięśniu powstają warunki do tworzenia się długu tlenowego i wzrostu znaczenia przemian beztlenowych. Wynikają stąd już wspomniane następstwa, jak poczucie dyskomfortu i osłabienie mięśni, odpowiadające zmęczeniu. Decydują o tym przede wszystkim mniej korzystne niż w czasie pracy dynamicznej warunki, w jakich odbywa się aktywność mięśniowa. Dlatego we wszystkich sytuacjach, w których jest to możliwe, należy zmniejszać obciążenie statyczne podczas pracy zawodowej, nawet jeśli doprowadziłoby to do zwiększenia dynamicznej aktywności mięśniowej i wzrostu zużycia energii. Takie postępowanie jest tym bardziej uzasadnione, jeśli wziąć pod uwagę upowszechnianie się zjawiska hipokinezy, co dotyczy zarówno warunków bytowania człowieka jak i jego pracy. Zmniejszona aktywność ruchowa stanowi negatywną cechę współczesnego życia o niemałym znaczeniu w bilansie wpływów zdrowotnych.

Z reakcji ogólnoustrojowej na obciążenia statyczne na uwagę zasługuje wzrost ciśnienia tętniczego krwi niewspółmierny do wydatku energetycznego. Dlatego intensywne wysiłki statyczne w pracy zawodowej i w życiu codziennym (np. noszenie ciężkich toreb z zakupami) są przeciwwskazane w przypadku osób z nadciśnieniem tętniczym, chorobą niedokrwienną i innymi chorobami serca. Reakcja presyjna podczas wysiłków statycznych wynika z intensywnego drażnienia receptorów mięśniowych, co powoduje wzmożony przepływ bodźców do ośrodków mózgowych oraz ich odpowiedź w postaci stymulowania wzrostu ciśnienia tętniczego.

### **3. Rozpowszechnienie wysiłków statycznych w pracy zawodowej**

Wysiłki typu statycznego stanowią bardzo istotny składnik ogólnego obciążenia w pracy zawodowej. Co więcej, ich rola wzrosła w warunkach współczesnych. Postępy mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych radykalnie zmniejszyły potrzebę wykonywania dynamicznej pracy z udziałem dużych grup mięśniowych tułowia i ramion. W znacznym stopniu została wyeliminowana ciężka praca fizyczna w dawnym znaczeniu, kiedy mięśnie ludzkie stanowiły źródło energii mechanicznej. Natomiast zwiększyła się liczba stanowisk pracy, na których dużą rolę odgrywa długotrwałe utrzymywanie stałej pozycji ciała, stabilizującej położenie głowy, tułowia i kończyn górnych: większość prac biurowych, praca operatorów monitorów komputerowych, pulpity sterowniczych i innych urządzeń, praca siedząca przy taśmach montażowych, większość stanowisk produkcyjnych w elektronice, praca kierowców wozów ciężarowych na długich trasach itp.

Jednocześnie rozpowszechniły się prace ruchowo monotypowe, najczęściej z udziałem dużego obciążenia mięśni palców, dłoni i przedramion. Przy dużej powtarzalności monotypowych operacji ruchowych skurcze małych mięśni osiągają częstotliwość od 30 do 200 razy na minutę, co stwarza warunki jak przy wysiłku statycznym, przede wszystkim ze względu na bardzo krótki czas relaksacji między skurczami. Ponadto wykonywanie tego rodzaju operacji ruchowych wiąże się przeważnie z wymuszoną pozycją ciała i wynikającymi stąd napięciami posturalnymi. Zwraca się uwagę, że reakcje metaboliczne, krążeniowe, a także subiektywne przejawy dyskomfortu i zmęczenia podczas pracy monotypowej odpowiadają klasycznemu obciążeniu statycznemu.

Elementy pracy statycznej występują również w czasie ręcznego przemieszczania ciężarów, które jest wciąż rozpowszechnione w zakładach przemysłowych, budownictwie, rolnictwie, transporcie, służbie zdrowia i innych działach gospodarki i usług (manual material handling). Występują przy tym takie czynności jak podnoszenie i przenoszenie ciężarów oraz pchanie i ciągnięcie. Czynności te stanowią różne kombinacje wysiłków dynamicznych i statycznych, odbywających się z udziałem napięć posturalnych i operacyjnych.

Na znaczenie opisanych rodzajów obciążeń z mniej lub bardziej wyraźnym udziałem wysiłków statycznych we współczesnych warunkach pracy wskazują dane z krajów Unii Europejskiej. Wynika z nich, że ponad 30% stanowisk pracy w tych krajach wiąże się z uciążliwą pozycją ciała, ponad 40% z wysoce powtarzalnymi ruchami rąk i blisko 20% z koniecznością przemieszczania ciężarów. Ocena ta jest oparta na założeniu, że dany rodzaj obciążenia trwa przez co najmniej połowę czasu pracy. Należy sądzić, że sytuacja w naszym kraju jest pod tym względem podobna lub niewiele się różni.

Wskazane rodzaje obciążeń przyczyniają się do ujawniania się zmęczenia i spadku zdolności wysiłkowej, a także powstawania różnych form patologii układu mięśniowo-szkieletowego. Lokalne przeciążenie i rozwój zmian

zapalno-zwyrodnieniowych prowadzi do pojawiania się bólów mięśni i kręgosłupa. Najczęstsza ich lokalizacja to grzbietowa część tułowia obejmująca kark i barki oraz odcinek lędźwiowo-krzyżowy. Ważnym elementem występujących zespołów bólowych są zmiany wynikające z przeciążeń i mikrourazów kręgow i chrząstek międzykręgowych.

Do powstawania różnego rodzaju urazów oraz patologii układu mięśniowo-szkieletowego w dużym stopniu przyczynia się podnoszenie ciężarów, a także stosowanie innych form manewrowania odpowiednio ciężkimi elementami. Istotna jest wielkość rozwijanych przy tym sił oraz zajmowana pozycja ciała, toteż ten aspekt zagadnienia skupia szczególną uwagę.

Powtarzalne monotypowe ruchy, szczególnie wówczas, gdy użyte siły są duże w stosunku do małych grup mięśniowych, nie tylko sprzyjają występowaniu uczucia dyskomfortu i zmęczenia. W pewnych sytuacjach stanowią przyczynę rozwoju przewlekłych stanów zapalnych ścięgien, pochewek ścięgnistych i kaletek maziowych. W ostatnich dekadach wydzielono rozwijający się na tym tle zespół cieśni nadgarstka, który stanowi coraz częstsze zjawisko z dziedziny zawodowej patologii układu ruchowego. Istnieją dane wskazujące, że w wyniku lokalnych przeciążeń oraz ich następstw w tkance łącznej torebek stawowych, ścięgien i więzadeł mogą się rozwijać przewlekłe zmiany reumatyczne prowadzące do zniekształceń i ograniczenia ruchomości połączeń stawowych.

#### 4. Ocena obciążeń statycznych i zasady ich redukowania

Ze względu na stopień rozpowszechnienia i negatywne następstwa obciążenia typu statycznego są przedmiotem szczególnego zainteresowania w działaniach zmierzających do optymalizacji metod i warunków pracy. Istnieją uzasadnione powody, aby zmniejszać obciążenie pracą statyczną tam, gdzie jest to możliwe, lub co najmniej ograniczać negatywne skutki wynikające z tego rodzaju obciążeń. Realizacja tych postulatów w każdym przypadku wymaga dokonania jakościowej i ilościowej oceny występowania elementów statycznych podczas pracy.

W ocenie obciążeń statycznych powinny być wzięte pod uwagę następujące czynniki:

- zajmowana pozycja ciała i stopień jej wymuszenia
- obecność operacji roboczych wymagających istotnych napięć statycznych
- wielkość rozwijanych sił podczas napięć statycznych
- czas trwania obciążeń.

**Pozycja ciała.** Wśród pozycji ciała podczas pracy należy wyróżnić pozycję siedzącą, stojącą i chodzenie. Inne, bardziej szczegółowe rozróżnienia uwzględniają czynniki towarzyszące tym podstawowym pozycjom, a więc: stopień pochylenia tułowia i/lub jego skręt, zgięcie nóg w pozycji stojącej, a także uniesienie kończyn górnych w stosunku do stawu ramiennego.

Obciążenie statyczne jest bardziej nasilone w pozycji stojącej, ponieważ przestrzenna stabilizacja środka ciężkości ciała w tych warunkach wymaga dodatkowych napięć mięśniowych. Dlatego, tam gdzie to jest możliwe, praca powinna być wykonywana w pozycji siedzącej. Postulat ten nie obejmuje stanowisk, na których:

- wydatek energetyczny podczas pracy przekracza 2-3 kcal/min
- praca wymaga większej przestrzeni dla wykonywanych ruchów
- wykonywane operacje wymagają użycia znaczących sił mięśniowych.

Niezmienna pozycja siedząca również nie może być uważana za fizjologicznie poprawną. W każdej sytuacji pożądane są zmiany pozycji ciała, a jeśli rodzaj pracy na to nie pozwala, niezbędne są przerwy umożliwiające rozluźnienie mięśni, polepszenie warunków hemodynamicznych (m.in. w celu przeciwdziałania zastojom żylnym) i zmniejszenie monotonii.

W opracowanym i stosowanym w Polsce od początku lat 60. schemacie oceny obciążenia statycznego, wynikającego z zajmowanej pozycji ciała, za podstawę klasyfikacji przyjęto następujące kryteria:

- zróżnicowanie na pozycję siedzącą i stojącą oraz chodzenie
- występowanie pochylenia tułowia
- stopień wymuszenia zajmowanej pozycji
- dopuszczalność okresowych zmian pozycji przy danej czynności.

Przez wymuszenie pozycji należy rozumieć rygor w jej utrzymaniu przez dłuższy czas niezbędny do prawidłowego wykonywania pracy, np. przy obsłudze niektórych obrabiarek, montażu drobnych elementów, prowadzeniu długotrwałych operacji chirurgicznych, wczytywaniu danych do komputera itp. Wiąże się to z koniecznością skupienia uwagi i wzmożoną kontrolą wykonywanych ruchów. Na wymuszenie pozycji ciała wpływa również duża powtarzalność operacji ruchowych, tj. monotypowość czynności. Natomiast zmienność wykonywanych zadań zmniejsza stopień wymuszenia; można na przykład porównać pracę programisty komputerowego i operatora wprowadzającego dane do komputera.

Wymuszona pozycja stojąca jest bardziej uciążliwa niż odpowiednia pozycja siedząca, toteż możliwość dokonywania zmian pozycji ma tu szczególne znaczenie. Trzeba to brać pod uwagę w trakcie organizacji stanowisk pracy, np. stanowisko obsługi obrabiarek powinno być tak zorganizowane, by możliwie było okresowe korzystanie z siedziska.

Przeprowadzenie oceny obciążeń wynikających z zajmowanej pozycji ciała staje się trudniejsze, kiedy stanowisko pracy nie jest wyraźnie wydzielone przestrzennie, a wykonywane czynności mają charakter bardzo urozmaicony i wymagają przyjmowania wielu nietypowych pozycji, tak jak to jest na przykład podczas prac w rolnictwie, budownictwie, transporcie czy przy pielęgnacji chorych.

Do opisu pozycji ciała najczęściej służy obserwacja stanowiska pracy, wykonywanych przez pracownika czynności i jego zachowań. Jeśli chce się uzyskać bardzo dokładną charakterystykę zmian położenia poszczególnych elementów ciała w czasie wykonywania operacji roboczych, filmuje się ruchy pracownika, a następnie analizuje się je laboratoryjnie. Podobne znaczenie ma rejestracja zmian pozycji ciała za pomocą czujników położenia lub innych znaczników umieszczonych na ciele badanego. Tego rodzaju analizy ujmują pozycję ciała przede wszystkim w aspekcie dynamicznym. Jednocześnie stwarzają możliwość wzbogacenia oceny obciążeń statycznych przez uwzględnienie istotnych szczegółów wynikających z analizy struktury aktów ruchowych.

**Statyczne napięcie mięśni.** Wielkość napięć mięśniowych stanowi najbardziej istotną cechę obciążenia statycznego. Podczas ich oceny niezbędne jest posłużenie się pojęciem siły maksymalnej i maksymalnego czasu utrzymywania napięcia mięśniowego (maximum holding time).

Siła maksymalna ujawnia się przy maksymalnym dowolnym skurczu mięśnia, kiedy usiłujemy pokonać przewyższający ją opór. Czas trwania takiego skurczu jest bardzo krótki i nie przekracza 1 sekundy. Czas, w ciągu którego mięsień może pozostawać w stanie skurczu izometrycznego (napięcia), zależy od wielkości rozwijanej siły, tzn. od tego, jaki stanowi ona odsetek maksymalnej siły danego mięśnia. Im mniejszy jest ten odsetek, tym dłuższy jest maksymalny czas utrzymywania napięcia mięśniowego. Występująca przy tym zależność ma charakter wykładniczy. Na przykład, kiedy statyczny skurcz mięśnia osiąga poziom 20% jego siły maksymalnej, czas utrzymywania napięcia do zupełnego zmęczenia wynosi 5-7 minut, natomiast przy osiągnięciu 50% siły maksymalnej już tylko 1 minutę.

Na wynikach przeprowadzanych badań oraz poczynionych obserwacji opierają się zasady klasyfikacji napięć mięśniowych oraz zalecenia dotyczące akceptowanego ich udziału w poprawnie zorganizowanej pracy. Z wielu danych wynika, że napięcie mięśnia funkcjonującego w ciągłym wysiłku statycznym nie powinno przekraczać 5-8% jego siły maksymalnej. Występują pod tym względem pewne różnice między poszczególnymi mięśniami.

Aby zapobiegać zmęczeniu i zmniejszaniu zdolności do pracy, trzeba ograniczać czas trwania nasilonych wysiłków statycznych. Zaobserwowano, że osoby, które same regulują sobie czas trwania pracy statycznej, robią przerwę (rozluźniają mięsień) po upływie 1/5 maksymalnego czasu utrzymania danego napięcia mięśniowego. Na przykład, przy napięciu o wartości 20% siły maksymalnej przerwa wypadnie po upływie około 1 minuty trwania skurczu mięśniowego.

Wcześniej zauważono, że operacje ruchowe, w których zasadniczą składową jest rozwijanie znaczącej siły mięśniowej, są pod pewnym względem zbliżone do wysiłku statycznego. Zgodnie z zaleceniami Komitetu Technicznego ISO powtarzalne czynności robocze nie powinny wymagać od pracownika posługiwania się siłą przekraczającą 50% maksymalnej siły zaangażowanych grup mięśniowych. Jeśli podczas pracy zachodzi potrzeba wywierania siły bliskiej wartości maksymalnej, to czynność tego rodzaju nie powinna występować częściej niż co 5 minut, a czas trwania obciążenia nie powinien wynosić dłużej niż 4 sekundy.

Pomiary sił rozwijanych w czasie operacji ruchowych mogą być wykonane za pomocą odpowiednich tensjometrów. Natomiast trudniej jest obiektywnie zmierzyć wielkość napięć statycznych i wyznaczyć ich względną wartość w stosunku do maksymalnej siły mięśni. Pewne możliwości pod tym względem stwarzają zapisy potencjałów

elektrycznych ujawniających się podczas aktywności mięśniowej (emg). Wskazana metoda, bardzo przydatna w warunkach badań laboratoryjnych, nie znajduje większego zastosowania w badaniach na stanowiskach pracy, jako zbyt kłopotliwa.

Stosunkowo prostą i tanią metodą oceny obciążeń statycznych są wywiady dotyczące odczuwanego przez pracowników dyskomfortu podczas pracy. Metody oparte na subiektywnych odczuciach dostarczają wyników, które należy traktować z odpowiednią ostrożnością. Jednakże mogą one być przydatne, przynajmniej we wstępnej analizie zagadnienia. W celu uporządkowania prowadzonego wywiadu można się posłużyć diagramem ciała ludzkiego, na którym wyznaczono strefy istotne z punktu widzenia występowania dyskomfortu czy bolesności spowodowanej obciążeniem statycznym.

**Kompleksowa ocena obciążenia wg OWAS.** Wśród różnych metod całościowej oceny obciążenia statycznego na uwagę zasługuje metoda zaproponowana przez autorów fińskich, nazywana w skrócie OWAS (Ovako Working Posture Analysis System). W ostatniej dekadzie została ona upowszechniona w różnych krajach i jest stosowana w pierwotnej wersji lub po odpowiednim zmodyfikowaniu. Zaletą metody jest kompleksowe ujęcie zagadnienia oraz względna prostota, ponieważ można oprzeć się na zwykłej obserwacji stanowiska pracy. Uwzględniono w niej zajmowaną pozycję ciała i obciążenie zewnętrzne w kilogramach (fol. 1). W zróżnicowaniu pozycji ciała wzięto pod uwagę położenie tułowia (pleców), ramion i nóg. Obciążenie zewnętrzne obejmuje masę poniżej 10 kg, od 10 kg do 20 kg i powyżej. Kombinacje różnych położen poszczególnych członów ciała (plecy, ramiona, nogi) z uwzględnieniem wartości obciążenia zewnętrznego zgrupowano w czterech kategoriach oceny (fol. 2). Podstawę kategoryzacji stanowi stopień łącznego obciążenia pozycją ciała i obciążeniem zewnętrznym. Tylko kategoria 1 nie budzi pod tym względem żadnych zastrzeżeń i dla tej kategorii nie sugeruje się potrzeby dokonywania zmian na stanowisku pracy.

Wśród zalet metody OWAS należy wymienić również fakt, że jest ona ukierunkowana na działania korekcyjne, a nie tylko na identyfikację problemu. Znajduje to wyraz w kryteriach stanowiących podstawę podziału ocenianych pozycji ciała przy pracy na cztery kategorie. Metoda OWAS jest szczególnie przydatna do przeprowadzania ocen w warunkach dużego urozmaicenia czynności roboczych, kiedy chodzi o to, aby wyłowić z nich pozycje ciała najbardziej istotne z punktu widzenia obciążenia pracownika. Ta cecha metody jest prawdopodobnie powiązana z początkowym jej opracowaniem i zastosowaniem do oceny stanowisk pracy w budownictwie. Na pierwszy plan wysuwa się tam problem nietypowych i uciążliwych pozycji ciała przy pracy. Głównym celem oceny staje się zatem ujawnienie i ewentualna korekta niepożądanych pozycji.

W łącznej ocenie obciążenia statycznego, szczególnie przy pracach rutynowych, większe znaczenie ma czas utrzymywania niekorzystnych pozycji ciała niż sam fakt ich pojawiania się podczas pracy. Ten pogląd leży u podstaw sporządzenia klasyfikacji obciążenia statycznego zaprezentowanej na foliogramie 3. Kategorie oceny stanowiska pracy według metody OWAS zostały tu dodatkowo zróżnicowane zależnie od tego, czy pozycje ciała są wymuszone bądź też niewymuszone, a w ostatecznej interpretacji wyników oceny wzięto pod uwagę względny czas utrzymywania danej pozycji w odsetkach czasu zmiany roboczej.

Należy dodać, że współczesne podejście do oceny obciążenia statycznego układu mięśniowo-szkieletowego przewiduje m.in. modelowanie z użyciem technik komputerowych. Wymaga to przeprowadzenia doświadczeń pozwalających na zgromadzenie danych niezbędnych do stworzenia programu, który może ułatwić i pogłębić prowadzenie analiz na konkretnych stanowiskach pracy.

## 5. Literatura


1. Ergonomics in manufacturing. Red. W. Karwowski, G. Salvendy. Dearborn, USA, Society of Manufacturing Engineers 1998.
2. Grandjean E. W.: Hunting: Ergonomics of posture - Review of various problems of standing and sitting posture. Appl. Ergonomics 1977, 8(3), 135-140.
3. Kivi P., Mattila M.: Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerised OWAS method. Appl. Ergonomics 1991, 22(1), 43-48.
4. Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. Red. nauk. D. Koradecka. Warszawa, CIOP 1999.
5. Osborne D.J.: Ergonomics at work. Chichester, England, John Wiley a. Sons 1995.

## 6. Foliogramy



Foliogram 1.

**Kombinacje położeń pleców, ramion i nóg  
z uwzględnieniem obciążenia zewnętrznego oraz odpowiadające im  
kategorie oceny stanowiska pracy wg OWAS**

PLECY	RAMIENA	1			2			3			4			5			6			7			NOGI	OBCIĄŻENIE
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <b>KOD POZYCJI</b>                      2321                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">   <b>KATEGORIA</b>                      2                 </div>	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1		
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2		
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3			
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4		
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1		
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1		
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1		
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		

Foliogram 2.

## Klasyfikacja obciążenia statycznego z wykorzystaniem kategorii pozycji ciała wg OWAS

Obciążenie	Pozycja ciała przy pracy, kategorii OWAS	Czas utrzymywania jednej pozycji, % zmiany roboczej
Małe	pozycja niewymuszona kategorii 1	≤ 70
	pozycja wymuszona kategorii 1 lub niewymuszona kategorii 2	≤ 50
	pozycja wymuszona kategorii 2	≤ 30
Średnie	pozycja niewymuszona kategorii 1	> 70
	pozycja wymuszona kategorii 1 lub niewymuszona kategorii 2	50 ÷ 70
	pozycja wymuszona kategorii 2	30 ÷ 50
	pozycja wymuszona kategorii 3 lub 4	≤ 30
Duże	pozycja wymuszona kategorii 1 lub niewymuszona kategorii 2	> 70
	pozycja wymuszona kategorii 2	> 50
	pozycja wymuszona kategorii 3 lub 4	> 30

Źródło: *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*. Red. nauk. D. Koradecka. T. 2. Warszawa, CIOP 1999, s. 919-920

Foliogram 3.