

mgr inż. JOANNA KAMIŃSKA
dr TOMASZ TOKARSKI
dr inż. DANUTA LIU
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Metoda oceny pozycji przy pracy z wykorzystaniem rejestracji goniometrycznej

Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych

Główną przyczyną dolegliwości narządu ruchu poza zbyt dużym obciążeniem zewnętrznym oraz długim czasem wykonywania czynności jest niewłaściwa pozycja podczas pracy. Szczególnie groźne dla zdrowia jest wykonywanie czynności w pozycji wymuszonej (na przykład z powodu nieodpowiedniej budowy stanowiska), z pochylonym, czy skręconym tułowiem [2,4]. Pozycje takie są bardzo niebezpieczne dla kręgosłupa – mięśnie podtrzymujące kręgosłup są zbyt słabe, aby utrzymać kręgosłup, w dyskach międzykręgowych i stawach kręgosłupa występują duże siły ściskające i tnące. Zbyt duże siły tnące są pierwszym, najważniejszym powodem bólów kręgosłupa i wypadania dysków międzykręgowych.

Zjawisko pracy w nieodpowiedniej pozycji jest powszechne. Na przykład według danych z Unii Europejskiej [8] ok. 30% pracowników przez ponad połowę czasu pracy przyjmuje nieodpowiednie pozycje. Dodatkowo około 40% populacji pracowników wykonuje krótkie czynności powtarzające się (praca monotypowa), co bardzo często idzie w parze z ruchami powodującymi ból i choroby układu ruchu [8]. Zmęczenie, bóle i w rezultacie choroby układu ruchu mogą także wpływać na koordynację ruchową, co wpływa na obniżenie jakości wykonywanej pracy, zwiększanie ryzyka popełnienia błędów oraz stwarza sytuacje groźne dla zdrowia i życia pracowników.

Najbardziej właściwa i najlepsza dla zdrowia pracownika jest taka praca, która obejmuje czynności zarówno o charakterze statycznym jak i dynamicznym, wykonywane na przemian w pozycji siedzą-

cej i stojącej. Dzięki temu możliwe jest zapobieganie powstawaniu zbyt dużych obciążeń statycznych i pracy ze zbyt dużym obciążeniem fizycznym (duży wydatek energetyczny). Dlatego właśnie tak ważne jest dobrze zaprojektowane stanowisko pracy, czyli takie, które nie wymusza pozycji przy pracy. Stanowisko takie powinno zapewnić wystarczającą przestrzeń do wykonywania zadań, dostęp do wszystkich części stanowiska oraz swobodną zmianę pozycji ciała. Zgodnie z kryteriami antropometrycznymi warunki te muszą być spełnione w stosunku do 90% populacji pracujących (od 5 do 95 centyla), z tym, że wymiary wewnętrzne (np. przestrzeń pod biurkiem) muszą być dostosowane do 95 centyla, a wymiary zewnętrzne (np. rozmieszczenie elementów sterowniczych) – do 5 centyla [9,10]. Do precyzyjnego wyznaczenia przestrzennych stref pracy stosowane są kryteria zasięgów rąk: zasięg normalny, maksymalny i wymuszony.

Obecnie duże znaczenie mają także czynniki zdrowotne, które uwzględniają obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego i zmęczenie organizmu.

Komitety techniczne europejskie i międzynarodowe pracujące nad zaleceniami dotyczącymi pozycji przy pracy oraz wymogami do projektowania poprawnych ergonomicznie stanowisk pracy, dostarczają informacji dla projektantów, pracodawców i pracowników. Projekt normy europejskiej prEN 1005-4 (CEN/TC 122/WG 1 N 268) [8] podaje schemat metody do analizy pozycji podczas pracy oraz wymagania antropometryczne dla projektowania siedzących i stojących stanowisk pracy przy maszynach. Z kolei projekt normy ISO/CD 11226 [13] zawiera zalecenia dotyczące pozycji tułowia, głowy, kończyn górnych i dolnych przy pracy oraz dopuszczalnego czasu ich utrzymania.

Dokumenty te zmierzają do określenia, jakie wartości kątów w stawach mogą być przyjmowane podczas pracy, a jakie są nie zalecane lub niedopuszczalne. Żad-

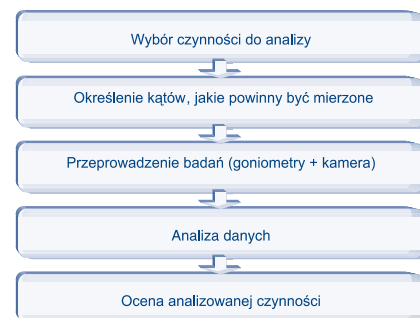
na z wymienionych wcześniej metod nie umożliwiała jednocześnie dokładnego pomiaru i możliwości oceny kątów w stawach.

W związku z tym, opracowano metodę, która umożliwia zarówno dokładny pomiar, jak też analizę i ocenę pozycji podczas pracy.

Metoda ta opiera się na rejestracji goniometrycznej [12] pozycji ciała pracownika (kątów w stawach) oraz rejestracji metodą video innych parametrów (relacji przestrzennych w trakcie czynności roboczych).

Schemat metody

Metoda ma na celu ocenę obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego podczas pracy na podstawie analizy i oceny pozycji, w jakiej ta praca była wykonywana. Jak już wspomniano, metoda opiera się na rejestracji wybranych parametrów czynności wykonywanych na stanowiskach pracy za pomocą goniometrów i kamery. Następnie wartości kątów poddawane są analizie – porównywane są z wartościami dopuszczalnymi (warunkowo dopuszczalnymi lub niedopuszczalnymi) opracowanymi przede wszystkim na podstawie projektu normy prEN 1005-4 [8] oraz na bazie zaleceń eksperckich [14]. W zależności od „dobroci” pozycji przy pracy oceniane są obciążenia układu ruchu (rys. 1).



Rys. 1. Schemat metody

Wybór czynności do analizy

Posługując się tą metodą można wykonać analizę czynności wykonywanych zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i bezpośrednio na miejscu pracy. Istnieje możliwość umocowania rejestratora przy pasku, co poszerza wykorzystanie metody do czynności wykonywanych w jednym miejscu, jak też podczas przemieszczania się. Ograniczenia badań wynikają jedynie stąd, że maksymalnie można rejestrować wartości czterech kątów w stawach jednocześnie. Ogranicza więc to zastosowanie metody do czynności prostszych, czy też analizy wybranego segmentu ciała – na przykład kończyny górnej lub dolnej.

W zależności od tego, jaki charakter ma wykonywana czynność proponuje się pomiar czterech z wymienionych poniżej kątów:

- kąt zgięcia/prostowania w nadgarstku
- kąt zgięcia/prostowania w stawie łokciowym
- kąt pronacji/supinacji w stawie łokciowym
- kąt zgięcia/prostowania w stawie ramiennym
- kąt odwodzenia/przywodzenia w stawie ramiennym
- kąt pronacji/supinacji w stawie ramiennym
- kąt zgięcia/prostowania w stawie skokowo-goleniowym
- kąt zgięcia/prostowania w stawie kolanowym
- kąt pronacji/supinacji w stawie kolanowym
- kąt zgięcia/prostowania w stawie biodrowym
- kąt odwodzenia/przywodzenia w stawie biodrowym
- kąt pronacji/supinacji w stawie biodrowym
- kąt zgięcia/prostowania pleców
- kąt zgięcia boczego pleców

Badania

Jednoczesna rejestracja wykonywanej czynności za pomocą goniometrów i kamery video umożliwia nie tylko bardzo dokładny pomiar kątów w stawach, ale także uchwycenie środowiska zewnętrznego

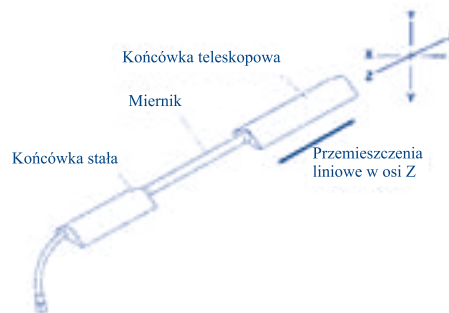
(budowy stanowiska pracy), warunków wykonywania czynności, czynników, które mogą wpływać na sposób wykonywania analizowanej czynności. Dodatkowo zastosowanie dwóch metod rejestracji czynności pozwala dokładnie uchwycić początek i koniec badań, a także wybrać z całego procesu rejestracji szczególnie interesujące fragmenty do analizy.

Goniometry wykorzystywane były od dawna do analizy ruchu w stawach zaawansowanych (łokciowym i kolanowym). Jednak biomechaniczna analiza czynności była znacznie ograniczona z uwagi na złożone ruchy w innych stawach. Obecnie uporano się z tym problemem, tak więc możliwy jest pomiar kątów w dwóch lub trzech osiach jednocześnie, a dodatkowo torsiometry umożliwiają pomiar kątów przy pronacji/supinacji na przykład w stawie biodrowym. Zestaw goniome-

tro (przesunięcie kilka centymetrów) może powodować pomiar innego kąta niż zamierzony, co nie daje powtarzalności wyników.



Rys. 2. System goniometryczny



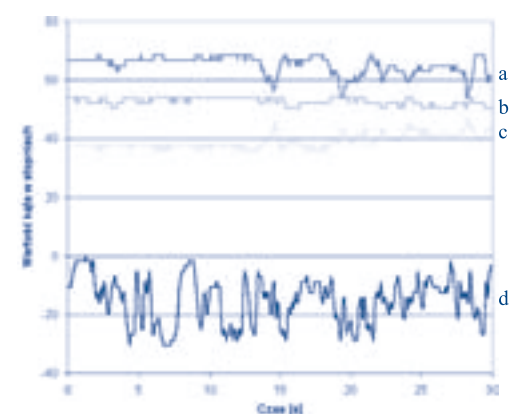
Rys. 3. Schemat pracy goniometrów oraz przykład umieszczenia goniometrów na kończynie górnej osoby badanej

trów i torsiometrów [1] przedstawiono na rys. 2. Schemat pracy goniometrów oraz sposób ich umieszczania na ciele osoby badanej zaprezentowano na rys. 3.

Główne zalety goniometrów to [2,12]:

- łatwość w użyciu i relatywnie niska cena,
- łatwa interpretacja otrzymanych wartości,
- duża powtarzalność wyników,
- łatwy nadzór nad badaniami (podczas badań badany segment jest widoczny, dodatkowa rejestracja video).

Jak zaprezentowano to na rysunkach goniometrii nie ograniczają ruchu, łatwo się wyginają w zależności od kątów w stawach. Należy jednak zwracać uwagę na sposób zamocowania, gdyż umieszczenie czujników w nieodpowiednim miej-



Rys. 4. Przykładowe przebiegi kątów stawowych podczas pracy: a – zginanie w stawie łokciowym, b – zginanie (+)/prostowanie (-) ramienia, c – odwodzenie (+)/przywodzenie (-) ramienia, d – zginanie (+)/prostowanie (-) nadgarstka

Po wczytaniu danych do pamięci komputera otrzymuje się przebiegi kątów stawowych podczas pracy (rys. 4).

Analiza danych

Analizę danych zebranych z goniometrów przeprowadza się za pomocą specjalnie w tym celu – w ramach realizacji pracy – opracowanego programu *Analiza*. Umożliwia on:

- czytanie danych z goniometrów zapisanych w trybie ascii,
- przeliczenie zebranych danych na wartości kątów,
- znalezienie wartości ekstremalnych, wyliczenie: wartości średniej, liczby przejść przez zero, pola powyżej lub poniżej zadanej wartości kąta dla każdego z mierzonych parametrów,
- wyliczenie procentowej ilości czasu pracy, podczas której kąt w stawie był większy lub mniejszy niż zadana wartość,
- obliczenie dystrybuanty dla danych eksperymentalnych, odcięcie danych brzegowych, których prawdopodobieństwo jest mniejsze niż 0,1 (p(0,1), p(0,9)),
- generowanie pliku wynikowego z danymi i rezultatami obliczeń.

Ocena analizowanej czynności

Do analizy i oceny czynności wykorzystano wykonane przez program *Analiza* obliczenia dystrybuanty dla danych eksperymentalnych. Obliczono wartości kątów, w których stawie prawdopodobieństwo wystąpienia jest mniejsze niż 0,1. Następnie odcięto dane brzegowe, a otrzymane wartości maksymalne (p(0,9)) i minimalne (p(0,1)) porównano z dopuszczalnymi zakresami ruchu podczas pracy.

Zakresy kątowe w stawach sklasyfikowano następująco:

DOPUSZCZALNE

- dla tego zakresu kątów czynność może być wykonywana bez ograniczeń czasowych, obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego jest optymalne, nie ma zagrożenia utraty zdrowia. Nie ma potrzeby przeprowadzania zmian na stanowisku pracy.

WARUNKOWO DOPUSZCZALNE

- czynność może być wykonywana w ograniczonym zakresie, gdyż pozycje mogą mieć negatywny wpływ na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego. Zmiany na stanowisku pracy powinny być przeprowadzone w najbliższej przyszłości.

NIEDOPUSZCZALNE

- czynność nie powinna być wykonywana ze względu na duże obciążenie układu ruchu i duże prawdopodobieństwo wystąpienia dolegliwości. Zmiany na stanowisku powinny być przeprowadzone tak szybko, jak to tylko możliwe.

Do celów analizy pozycji przy pracy stworzono karty oceny poszczególnych kątów (rys. 5). Opracowano je wykorzystując zakresy optymalne według danych z literatury [14], lecz przede wszystkim oparto się na projekcie normy europejskiej prEN 1005-4:1997 (ISO/TC 122/WG4 N 252) [8], który zawiera zalecenia dotyczące pozycji tułowia, głowy, kończyn górnych i dolnych przy pracy oraz dopuszczalnego czasu ich utrzymania.

Porównanie zmierzonych kątów w stawach z wartościami dopuszczalnymi pozwala na ocenę pozycji, a przez to obciążenia układu ruchu.

* * *

Impulsem do opracowania metody było pojawienie się projektu normy europejskiej [8], która podając wartości dopuszczalne kątów w stawach nie podaje sposobu ich pomiaru i zasad oceny. Opracowana metoda jest więc ważnym elementem, który umożliwi wdrożenie normy w Polsce.

Metoda umożliwia łatwą i szybką analizę i ocenę pozycji przy pracy. Wykorzystanie goniometrów gwarantuje rzetelne, dokładne pomiary kątów w stawach. Dodatkowo łatwa jest interpretacja wartości otrzymanych z pomiarów za pomocą goniometrów oraz duża powtarzalność wyników.

Z kolei ocena oparta na dopuszczalnych wartościach zaczerpniętych z normy daje metodzie gwarancję prawidłowej oceny czynności. Wartości dopuszczalne kątów stawowych w normie opracowywane były przez wielu naukowców z różnych dziedzin, wielokrotnie dyskutowane i sprawdzane eksperymentalnie. Oznacza to, że metoda oparta jest na dobrych fundamentach. Ponadto metoda umożliwia wprowadzenie dodatkowych danych i ciągle dostosowywanie jej do najnowszych danych normatywnych.

Natomiast wadą metody jest możliwość pomiaru tylko czterech kątów stawowych jednocześnie. Jej zastosowanie ogranicza się więc do analizy czynności mniej skomplikowanych lub analizy wybranych części ciała, np. tylko kończyny górnej.

Niemniej metoda rejestracji parametrów fizycznych czynności roboczych może być wykorzystana podczas analizy obciążenia układu ruchu człowieka na stanowiskach pracy. Możliwe będzie określenie konieczności wprowadzenia zmian na stanowiskach, gdzie obciążenie układu ruchu jest zbyt duże. W ten sposób można zapobiegać chorobom i dolegliwościom spowodowanym przyjmowaniem niewłaściwych pozycji roboczych.

PIŚMIENNICTWO

[1] Biometrics Ltd (Penny&Giles), Cwmfelin-fach, Gwent, NP1 7HZ, UK, Goniometer and Tonsiometer Operating Manual
 [2] Chaffin D.B., Andarsson G.B.J.: *Occupational biomechanics*, 2nd edition, John Wiley, New York 1991

ZGINANIE I PROSTOWANIE TUŁOWIA W PŁASZCZYŹNIE STRZAŁKOWEJ (NA PODSTAWIE PROJEKTU NORMY prEN 1005-4[8])

| Zakresy kątowe | Pozycja nieruchoma | Ruch | |
|----------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | Mała częstotliwość (<2/minutę) | Duża częstotliwość (>2/minutę) |
| I 0°-20° | Dopuszczalne | Dopuszczalne | Dopuszczalne |
| II 20°-60° | Warunkowo dopuszczalne | Dopuszczalne | Niedopuszczalne |
| III > 60° | Niedopuszczalne | Warunkowo dopuszczalne | Niedopuszczalne |
| IV <0° | Warunkowo dopuszczalne | Warunkowo dopuszczalne | Niedopuszczalne |



Rys. 5. KARTA 1 do oceny pozycji przy pracy

- [3] Committee Draft ISO/CD 11226: 1995, Ergonomics – Evaluation of working postures
- [4] Corlett E.N., Eklund A.E., Johnson F.: *Method for measuring the load imposed on the back of sitting person*. Ergonomics, Vol. 26, 1983, ss. 1064-1076
- [5] Karhu O., Kansu P., Kuorinka I.: *Correcting working postures in industry. A practical method for analysis*. Applied Ergonomics, Vol.8, 1977 ss.199-201
- [6] Miedema D.C., Douve M., Dul J.: *Proposal for recommended maximum holding time of static standing posture*. TNO Institute of Preventive Health Care, 1993
- [7] PEAK Performance Technologies Inc.

7388 South Revere Parkway, Suite 603 Englewood, Colorado, 80112 USA

[8] prEN 1005-4:1997 *Safety and Machinery. Human physical performance. Evaluation of working postures in relation to machinery*

[9] prEN 547-1:1994 *Safety and machinery. Human body measurements. Principles for determining the dimensions required for openings for whole body access into machinery*

[10] prEN 547-2:1994 *Safety and machinery. Human body measurements. Principles for determining the dimensions required for access openings*

[11] Procesograf TOR (Time Object Recording) TOR-POL S.A. Manual

[12] Szulc P., Mączyński J., Marecki B.: *Porównanie różnych technik pomiaru kąta stawowego na przykładzie stawu łokciowego*. Biology of Sport, Vol. 14, Suppl.7, 1997

[13] The Ariel Performance Analysis System (APAS) 6 Alicante Street, Trabuco Canyon, CA 92679. USA

[14] Tilley Alvin R.: *The Measure of Man and Woman. Human factors in design*. Henry Dreyfuss Associates, New York 1993

[15] TV-SM2 User Manual, 1997

[16] Vicon Motion Systems, 15455 Red Hill Ave., Suite C, Tustin, CA 92680, www.vicon.com

Uroczysty finał pilotażowego konkursu „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy”



John Bacharach – dyrektor IMC Consulting Ltd wręcza nagrodę laureatom

25 października br. w sali kongresowej hotelu Marriott w Warszawie odbyła się uroczystość wręczenia nagród zwycięzcom pilotażowego konkursu „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy”.

Inauguracja pilotażowego konkursu „Zarządzanie bezpieczeństwem pracy” nastąpiła w listopadzie ub.r. Do konkursu stanęło 25 przedsiębiorstw z branży budowlanej i obróbki drewna z pięciu regionów Polski. Celem konkursu, którego organizatorem była, na zlecenie PHARE, brytyjska firma konsultingowa IMC przy udziale Państwowej Inspekcji Pracy, było zachęcenie polskich przedsiębiorców do

wdrożenia sprawdzonego w praktyce Unii Europejskiej, nowoczesnego systemu zarządzania bezpieczeństwem pracy. A zatem – przygotowanie Polski do integracji z Unią Europejską przez: poprawę bezpieczeństwa pracy w polskich przedsiębiorstwach oraz zapewnienie nam praktycznej pomocy w przyjęciu unijnego podejścia do zagadnień bhp.

Spośród 20 firm, które pomyślnie zrealizowały program wdrażania systemu zarządzania bezpieczeństwem pracy organizatorzy wybrali najlepszych:

z branży obróbki drewna:
- PPH WUTEH SA z Torunia

- EKO-BESTER Sp. z o.o. z Ustronia
- Meble KLER z Dobrodzienia woj. opolskie

z branży budowlanej:

- UNI-MA-JER – przedsiębiorstwo budowlane z Krakowa
- EXBUD SA BUDOWNICTWO – przedsiębiorstwo budowlane z Kielc
- MARBUD Sp. z o.o. – przedsiębiorstwo budowlane z Torunia

Przemysł budowlany jest tradycyjnie przemysłem wysokiego ryzyka. Przez wiele lat w całej Europie w przemyśle budowlanym odnotowywano najgorsze sta-



Od lewej: Jan Rulewski – poseł na Sejm RP, członek ROP, Izabella Latoszek – wicedyrektor Departamentu Warunków Pracy MPiPS, Bożena Borys-Szopa – przewodnicząca Rady Ochrony Pracy, Danuta Koradecka – dyrektor Centralnego Instytutu Ochrony Pracy i Elżbieta Grabowska – wicedyrektor Departamentu Higieny Środowiska Głównego Inspektoratu Sanitarnego