

KRZYSZTOF LESZCZYŃSKI, PIOTR PYZIA

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

OCENA OBCIĄŻENIA UKŁADU MIĘŚNIOWO-SZKIELETOWEGO PODCZAS PRACY PILARKĄ ŁAŃCUCHOWĄ Z ZASTOSOWANIEM METOD REBA ORAZ RULA

ANALYSIS OF MUSCULOSKELETAL DISORDERS
DURING CHAINSAW WORK USING REBA AND RULA METHODS

Streszczenie. Zaburzenia mięśniowo-szkieletowe obejmują wiele różnego rodzaju problemów zdrowotnych, do których zaliczamy: bóle kręgosłupa, pleców, urazy kończyn górnych oraz dolnych. Celem pracy była analiza obciążenia posturalnego operatora pilarki spalinowej. Zakres ograniczono do oceny dwóch głównych operacji technologicznych: ścinki i okrzesywania, dla których określono obciążenie całościowe za pomocą metody REBA (ang. *Rapid Entire Body Assessment*) i obciążenie kończyn górnych za pomocą metody RULA (ang. *Rapid Upper Limb Assessment*). Uzyskane metodą REBA wyniki wskazują na nieakceptowalny poziom obciążenia operatora pilarki spalinowej. Analiza pozycji kończyn górnych (RULA) wykazała ich bardzo duże przeciążenie i niewystępowanie położeń wskazujących na akceptowalny poziom ryzyka. Na podstawie przeprowadzonych testów można stwierdzić, że między dwiema metodami analizy posturalnej pracy operatora pilarki łańcuchowej RULA i REBA nie ma istotnej statystycznie różnicy w strukturze kategorii ryzyka. Należy podkreślić, że kryteria metod RULA i REBA są ostrzejsze niż metody OWAS.

Słowa kluczowe: pozyskiwanie drewna, pilarki łańcuchowe, postawa robocza, obciążenie układu mięśniowego

Wstęp

Zaburzenia mięśniowo-szkieletowe obejmują wiele różnego rodzaju problemów zdrowotnych, do których zaliczamy bóle kręgosłupa i pleców, urazy kończyn górnych oraz dolnych. Dotyczą one milionów europejskich pracowników we wszystkich sekto-

rach zatrudnienia. Wielkość obciążeń określają różne grupy czynników. W pracy pod redakcją Koradeckiej (BEZPIECZEŃSTWO PRACY... 1997) zauważono, że są to nie tylko czynniki bezpośrednio związane z typem, intensywnością i długością trwania wysiłku fizycznego potrzebnego do wykonania poszczególnych czynności roboczych, lecz także duże znaczenie mają pozycja ciała, organizacja pracy, cechy indywidualne człowieka, warunki mikroklimatu i inne czynniki środowiska pracy. Obserwowane problemy bardzo często można skojarzyć z dźwiganiem, ciągnięciem i pchaniem.

Nadmierne obciążenie związane z pracą zawodową jest przyczyną zmęczenia obwodowego obejmującego układ mięśniowo-szkieletowy i zmiany czynnościowe, jak również zmęczenie ośrodkowego układu nerwowego, które nierzadko prowadzą do ograniczenia percepcji i zwiększenia ilości urazów (ROMAN-LIU 1996). Zespół *Musculo-Skeletal-Disorders* (MSD) ma charakter społeczny. Szacuje się, że 25% pracowników w całej Unii Europejskiej skarży się na bóle kręgosłupa, a 23% na bóle mięśni, które są najczęstszymi przyczynami nieobecności w pracy (PODNECE 2008).

Pozyskanie drewna w Polsce, pomimo obserwowanego wzrostu i znacznej dynamiki zastosowania maszyn wielooperacyjnych, nie przekracza 10%. W dalszym ciągu znaczna część pozyskania drewna jest realizowana na poziomie ręczno-maszynowym z zastosowaniem pilarek spalinowych, co wiąże się z wykonywaniem ciężkiej pracy fizycznej nierzadko wymagającej od pracowników przyjmowania wymuszonych i nienaturalnych pozycji.

Pracownicy często wykazują chroniczne zmęczenie i objawy wyczerpania organizmu. Jednakże wiele czynników jest subiektywną reakcją na stresor i zależy głównie od cech osobniczych danego pracownika (OPRACOWANIE... 2001). PISZCZ (2005) podaje, że wśród zagrożeń występujących na stanowisku operatora pilarki spalinowej można wyróżnić długotrwałe i nawracające dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego związane z podnoszeniem, przenoszeniem oraz uruchamianiem pilarki, skaleczeniem oraz ogólne potłuczenia powstałe w wyniku upadku na podłoże o zróżnicowanym charakterze.

Większość badań obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego prowadzona jest za pomocą metody OWAS (ang. *Ovako Working Posture Analysing System*) ukierunkowanej na ocenę obciążeń statycznych. Metoda ta została opracowana w latach siedemdziesiątych XX wieku w Fińskim Instytucie Ochrony Pracy i precyzyjnie odzwierciedla wielkość obciążeń wraz z uwzględnieniem analizy ilościowej kategorii pozycji. Jednakże zalecana jest do analizy prac o charakterze statycznym. W niniejszej pracy zastosowano rzadziej spotykane w opracowaniach polskich metody oceny REBA (ang. *Rapid Entire Body Assessment*) oraz RULA (ang. *Rapid Upper Limb Assessment*), które powstały w latach dziewięćdziesiątych XX wieku z założeniem oceny obciążeń pracą o charakterze dynamicznym (GÓRSKA 2007).

Celem prezentowanych badań była analiza obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego pracowników na stanowisku operatora pilarki spalinowej. Zakres badań ograniczono do oceny obciążenia podczas dwóch głównych operacji technologicznych: ścinki i okrzesywania, dla których określono:

- całościowe obciążenie z użyciem metody REBA (ang. *Rapid Entire Body Assessment*),
- obciążenie kończyn górnych z wykorzystaniem metody RULA (ang. *Rapid Upper Limb Assessment*).

Metodyka

Metoda REBA jest ukierunkowana na całościową ocenę obciążenia (MCATAMNEY i HIGNETT 1995). Analiza obejmuje 13 kroków (etapów), które podzielono na trzy grupy. Grupa A zawiera pierwsze pięć kroków i polega na określeniu wartości obciążenia wynikającego z pochylecia oraz skręcenia głowy i tułowia, indeksowanego w zależności od wielkości odstępstwa od pozycji neutralnej. W trakcie oceny uwzględnia się zgięcie kończyn dolnych i sposób oparcia na podłożu. W wyniku zakończenia pierwszego etapu analizy otrzymujemy trzy noty, które stanowią podstawę oceny łącznej. Uzyskany wynik należy powiększyć o wartość indeksu wynikającą z obciążenia, jakiemu poddany był pracownik w chwili obserwacji. Grupa B obejmuje kolejne pięć elementów; analizowane jest obciążenie lewej i prawej kończyny górnej. Indeksowanie obejmuje określenie położenia ramienia, przedramienia oraz nadgarstka. Na podstawie uzyskanych indeksów dokonujemy odczytu wartości cząstkowych z tabel. Otrzymałą notę należy skorygować uwzględniając jakość chwytu. Ostatni etap oceny polega na nadaniu rangi na podstawie wyników uzyskanych w grupie A i B.

Metoda RULA jest ukierunkowana na ocenę obciążenia kończyn górnych (MCATAMNEY i CORLETT 1993) i składa się z 16 elementów oceny. Pierwsza grupa, A, zawierająca osiem kroków, obejmuje kategoryzację położenia poszczególnych elementów kończyn górnych i nadgarstków. Grupa ocen B zawiera kolejne siedem kroków; przeprowadza się ocenę obciążenia szyi, tułowia oraz jakości podparcia. W ocenach cząstkowych analizuje się wzajemne położenie poszczególnych części ciała (odwiedzenie, ugięcie, rotacja) oraz wielkość i rodzaj obciążenia zewnętrznego. W analogiczny sposób przeprowadza się ocenę lewej i prawej kończyny, jednakże do oceny końcowej należy przyjąć tylko większą wartość indeksu.

Ostatni element oceny stanowi interpretacja uzyskanych wyników, która polega na kategoryzacji ryzyka (tab. 1). W prezentowanych analizach korzystano z diagramów zamieszczonych w pracach MCATAMNEY i CORLETT (1993) oraz MCATAMNEY i HIGNETT (1995).

Tabela 1. Interpretacja wyników oceny metodą REBA i RULA

Table 1. Evaluation of the REBA and RULA methods

REBA	RULA	Kategoria ryzyka Risk category	Zalecane działania Recommended actions
1	[1, 2]	Pomijalnie małe Negligibly low	Pozycje akceptowalne Acceptable postures
[2, 3]	[3, 4]	Małe Low	Przeprowadzić studia w celu wypracowania zmian Carry out studies to develop changes
[4, 7]	[5, 6]	Średnie Medium	Zalecane wprowadzanie zmian Changes are recommended
[8, 10]	≥ 7	Duże Large	Należy koniecznie wprowadzić zmiany na stanowisku Changes of the posture are necessary
[11, 15]	–	Bardzo duże Very large	

Wymienione metody są w dalszym ciągu doskonalone, przez co w literaturze przedmiotu można znaleźć ich różne warianty.

Wyniki i dyskusja

Pozyskiwanie drewna realizowano na terenie Nadleśnictwa Dukla w systemie drewna długiego na poziomie technologii ręczno-maszynowej. Pracownicy zaangażowanego zakładu usług leśnych (czterech mężczyzn) charakteryzowali się wieloletnim doświadczeniem, dobrym stanem zdrowia oraz wiekiem 30-40 lat. Prace obejmowały pozyskanie drewna iglastego (jodła) oraz przygotowanie dłużyc do pierwszego etapu zrywki drewna. Pilarze posługiwali się pilarkami Hq 357 XP o mocy 3,2 kW (4,4 KM), których masa wynosi około 7,5 kg.

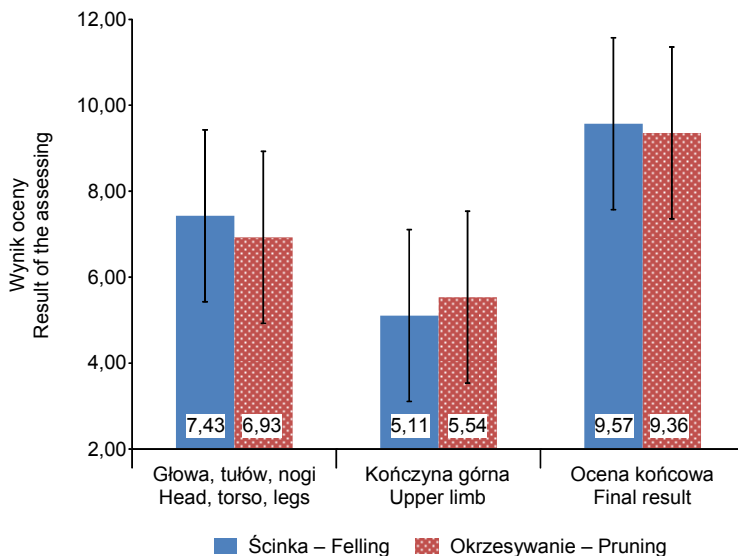
Przeciętnie około 50% czasu pracy operatora pilarki spalinowej stanowi efektywny czas pracy (GRZYWIŃSKI 2003). Obejmuje on operacje ścinki i okrzesywania drzew, w trakcie których odnotowuje się przyjmowanie przez pilarza nienaturalnych, wymuszonych pozycji. Często spotykany jest klęk na jednym lub obu kolanach i pochylenie tułowia (GRZYWIŃSKI i IN. 2005), jak również skręt tułowia połączony z podnoszeniem pilarki ponad linię barków. Wyniki analiz przeprowadzonych metodą OWAS (STAMPFER 1996) wskazują również, że bez względu na zastosowaną technologię pracy największe obciążenia posturalne występują w trakcie wymienionych operacji technologicznych, dlatego też w dalszej części analizy skoncentrowano się na ich opisie.

W wyniku prac terenowych obejmujących 15 dni roboczych zebrano materiał filmowy, który poddano obróbce montażowej. W dalszej kolejności wykorzystując opracowany algorytm, wybrano losowo do dalszych analiz 56 klatek. Uzyskane wyniki ocen cząstkowych wraz z 95-procentowym przedziałem ufności wartości średniej przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Analiza zestawionych danych wskazuje na stosunkowo duże obciążenie wynikające zarówno z postawy ciała, jak i z pracy wykonywanej przez kończyny górne. Wyniki oceny metodą REBA charakteryzują się większymi wartościami dla operacji ścinki niż okrzesywania. Otrzymane wyniki cechuje również większa niż w przypadku metody RULA rozpiętość przedziału ufności.

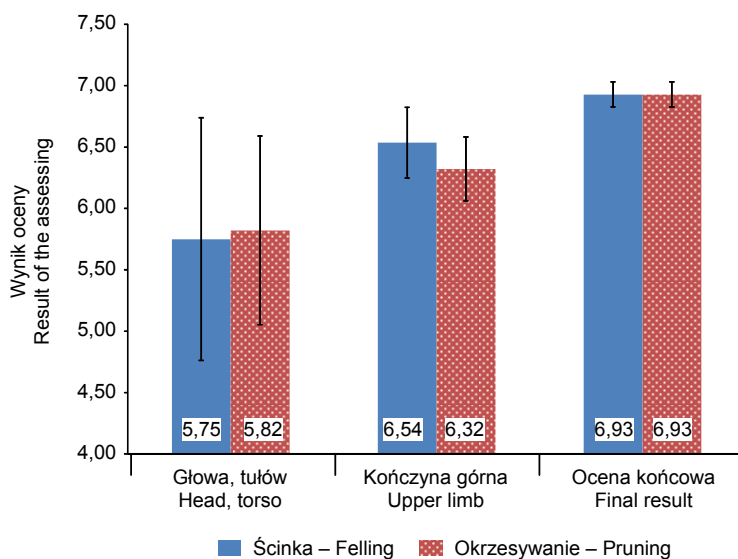
Wyniki oceny obciążenia tułowia i pozycji głowy metodą RULA charakteryzuje względnie duża rozpiętość. Mniejszy zakres 95-procentowego przedziału ufności zaobserwowano w ocenie obciążenia kończyn górnych. Porównując wyniki oceny końcowej uzyskanej metodą RULA (rys. 2) i metodą REBA (rys. 1), obserwujemy zanik zróżnicowania wartości dla analizowanych operacji technologicznych, jak również znacznie mniejszy przedział ufności oszacowań w metodzie RULA.

Na rysunkach 3-6 zaprezentowano licznosc i skumulowaną częstość względnego występowania kategorii ryzyka w obu metodach oceny, jak również dla analizowanych dwóch operacji technologicznych. Jeśli porównuje się prezentowane rysunki zauważa się przeważający udział kategorii ryzyka na poziomie nieakceptowanym (ryzyko duże i bardzo duże), co wskazuje na konieczność podjęcia działań korekcyjnych. Tylko w przypadku całościowej oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego (metodą REBA) stwierdzono po dwa przypadki kwalifikujące obciążenia na poziomie ryzyka średniego (warunkowo akceptowalnego).



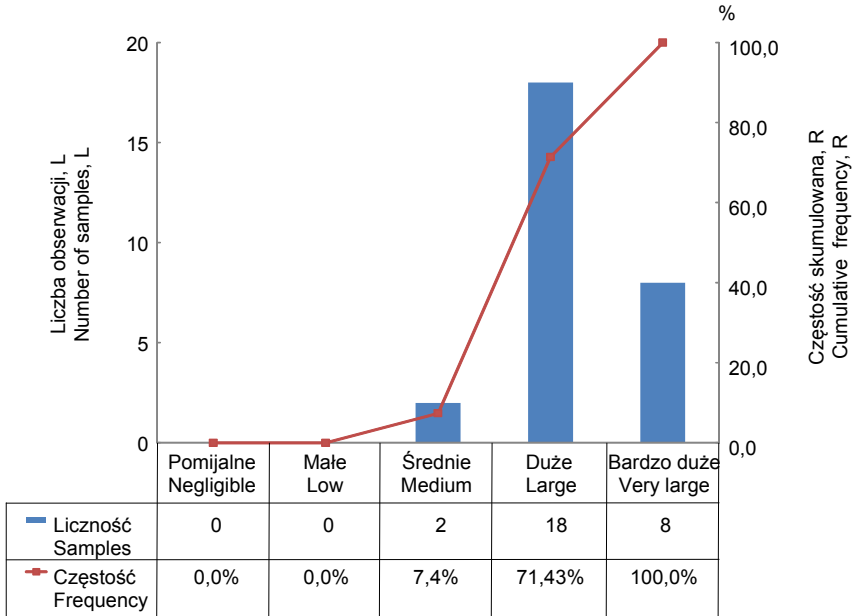
Rys. 1. Ocena cząstkowa obciążenia metodą REBA

Fig. 1. Partial loads index assessing by REBA method

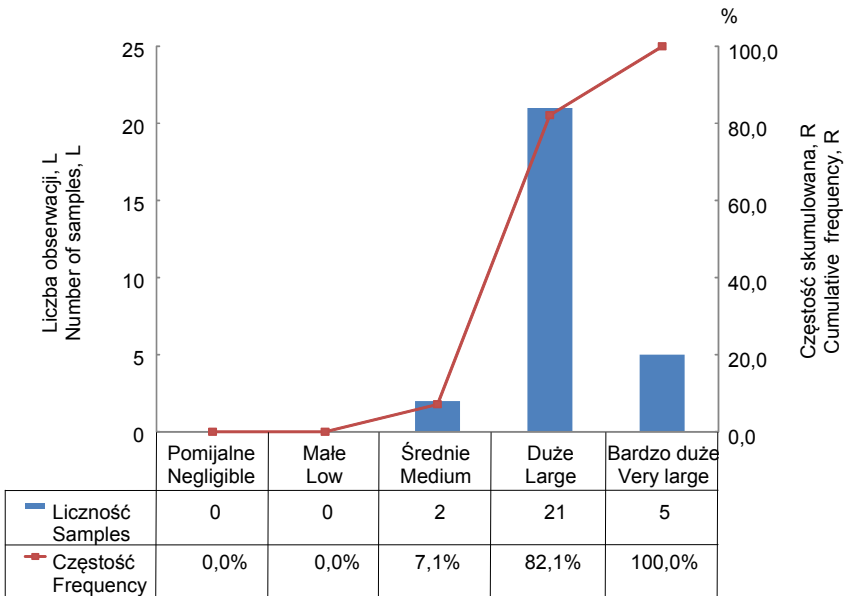


Rys. 2. Ocena cząstkowa obciążenia metodą RULA

Fig. 2. Partial loads index assessing by RULA method

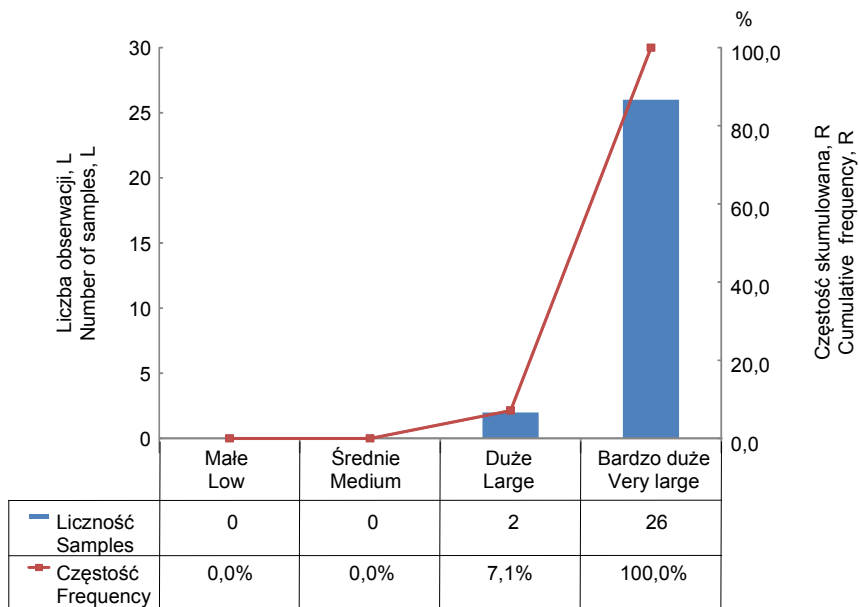


Rys. 3. Kategorie ryzyka dla operacji ścinki – metoda REBA
Fig. 3. Risk categories for felling – REBA method

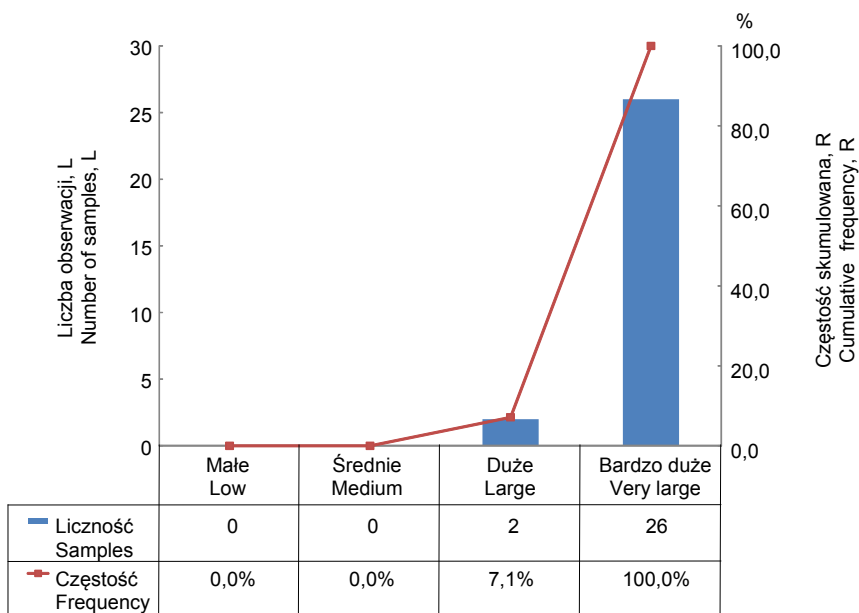


Rys. 4. Kategorie ryzyka dla operacji okrzyszowania – metoda REBA
Fig. 4. Risk categories for pruning – REBA method

Leszczyński K., Pyzia P., 2012. Ocena obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego podczas pracy pilarką łańcuchową z zastosowaniem metod REBA oraz RULA. Nauka Przym. Technol. 6, 3, #49.



Rys. 5. Kategorie ryzyka dla operacji ścinki – metoda RULA
Fig. 5. Risk categories for felling – RULA method



Rys. 6. Kategorie ryzyka dla operacji okrzyszowania – metoda RULA
Fig. 6. Risk categories for pruning – RULA method

Analiza pracy górnych partii ciała (RULA) wskazuje na bardzo duże obciążenia. Uzyskane noty, zarówno dla ścinki, jak i okrzyszowania, wskazują, że 93% przypadków było kwalifikowanych do najwyższej kategorii obciążenia.

W dalszej części obliczeń przeprowadzono test χ^2 w celu określenia istotności różnic uzyskanych wyników. Zestawienie testowanych hipotez wraz z wartościami statystyk przedstawiono w tabeli 2. Przeprowadzona analiza wyników, jak również formalne testy dla przyjętych zmiennych dychotomicznych (tab. 2) pozwalają stwierdzić, że różnica w liczbie wystąpień obciążenia dużego i bardzo dużego określonego metodami REBA i RULA dla obydwu operacji technologicznych nie wykazała istotności statystycznej. Występowanie obciążeń akceptowalnych (co najwyżej średnich) oraz nieakceptowalnych (dużych i bardzo dużych) określonych obiema metodami oraz dla obu operacji technologicznych nie różni się istotnie.

Tabela 2. Wyniki testowania hipotez dotyczących struktury kategorii ryzyka
Table 2. Results of testing hypotheses on the structure of the risk category

Hipoteza zerowa – The null hypothesis (H ₀)	χ^2	<i>p</i> _{obl}
Struktury obciążenia dużego i bardzo dużego dla ścinki i okrzyszowania w metodzie REBA nie różnią się istotnie Structures of large and very large load in REBA method, for felling and pruning, are insignificant	0,92	0,3367
Struktury obciążenia dużego i bardzo dużego dla ścinki i okrzyszowania w metodzie RULA nie różnią się istotnie Structures of large and very large load in RULA method, for felling and pruning, are insignificant	0,01	0,9430
Struktury obciążeń akceptowalnych i nieakceptowalnych określone metodami REBA i RULA dla ścinki nie różnią się istotnie Structures of acceptable and unacceptable loads, defined by REBA and RULA methods for felling, are insignificant	2,07	0,1498
Struktury obciążeń akceptowalnych i nieakceptowalnych określone metodami REBA i RULA dla okrzyszowania nie różnią się istotnie Structures of acceptable and unacceptable loads, defined by REBA and RULA methods for pruning, are insignificant	2,07	0,1498

Zaprezentowane wyniki wskazują na znikome występowanie pozycji o charakterze prawie akceptowalnym. Spostrzeżenie to dotyczy zarówno oceny całościowego obciążenia (REBA), jak i oceny obciążenia kończyn górnych (RULA). Wyniki prezentowane przez STAMPFERA (1996), jak również analizy autora (LESZCZYŃSKI 2011) z wykorzystaniem metody OWAS wykazały znaczny udział kategorii pozycji o charakterze akceptowalnym, dlatego też można odnieść wrażenie, że zastosowanie metod REBA i RULA stanowi ostrzejsze kryterium wartościowania obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego. Efekt ten możemy wiązać z faktem przyjmowania przez pilarza aż dziewięciu głównych rodzajów pozycji (GRZYWIŃSKI i IN. 2005) charakteryzujących się skreśleniem i znacznym pochyleniem tułowia, jak również nierzadko uniesieniem przynajmniej jednej ręki ponad obręcz barkową. Posługiwanie się w czasie pracy narzędziem

(pilarką) o masie około 10 kg przy dużej intensywności wykonywanych czynności z całą pewnością przyczynia się do przeciążenia układu mięśniowo-szkieletowego.

Wnioski

1. Przeprowadzona metodą REBA całościowa ocena obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego operatora pilarki spalinowej wskazuje na nieakceptowalny poziom tego obciążenia zarówno podczas ścinki, jak i podczas okrzesywania.

2. Ocena obciążenia dokonana metodą RULA wykazała występowanie bardzo dużego ryzyka związanego z przeciążeniem kończyn górnych praktycznie przy braku występowania ocen wskazujących dopuszczalny poziom ryzyka.

3. Na podstawie przeprowadzonych testów struktury poziomów ryzyka można stwierdzić, że ani zastosowanie metody RULA, ani zastosowanie metody REBA do oceny obciążenia operatora pilarki łańcuchowej nie wykazało istotnej statystycznie różnicy w uzyskanej skali ocen.

4. Na podstawie uzyskanych ocen należy stwierdzić, że kryteria metod RULA i REBA są ostrzejsze niż kryteria metody OWAS.

Literatura

- BEZPIECZEŃSTWO PRACY i ergonomia. 1997. Red. D. Koradecka. CIOP, Warszawa.
- GÓRSKA E., 2007. Ergonomia. Ofic. Wyd. PW, Warszawa.
- GRZYWIŃSKI W., 2003. Wpływ zastosowanej techniki i technologii na poziom humanizacji pracy w leśnictwie. Maszynopis. Katedra Użytkowania Lasu UP, Poznań.
- GRZYWIŃSKI W., TOMCZAK A., JELONEK T., KUPCZYK G., PAZDROWSKI W., 2005. Effect of working postures during tree felling using the chainsaw on the degree of work arduousness and safety. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 419, Ses. Nauk. 91: 319-325.
- LESZCZYŃSKI K., 2011. Factor analysis in ergonomic profiling of workplaces in forestry. W: *Technology and ergonomics in the service of modern forestry*. Red. J. Starzyk. Uniwersytet Rolniczy, Kraków: 113-129.
- MCATAMNEY L., CORLETT E.N., 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl. Ergon.* 24, 2: 91-99.
- MCATAMNEY L., HIGNETT S., 1995. REBA: a rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders. W: *Proceedings of the Ergonomics Society of Australia*, Adelaide. ESA, Adelaide: 45-51.
- OPRACOWANIE charakterystyk prac leśnych w zakresie ich bezpieczeństwa, szkodliwości i uciążliwości. Projekt Badawczy Zamawiany nr 32-99. 2001. GDLP, Warszawa.
- PISZCZ B., 2005. Wytyczne ergonomiczne przy pozyskaniu drewna. Raport z badań dla GDLP. IBL, Warszawa.
- PODNIĘCIE Z., 2008. Work-related musculoskeletal disorders: prevention report. European Agency for Safety and Health at Work. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- ROMAN-LIU D., 1996. Obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego na stanowisku pracy. *Bezp. Pr.* [Warszawa] 11: 2-5.
- STAMPFER K., 1996. Belastungs- und Beanspruchungsermittlung bei verschieden mechanisierten forstlichen Arbeitssystemen. *Schriftenr. Inst. Forsttech. Univ. Bodenkult. Wien* 3.

ANALYSIS OF MUSCULOSKELETAL DISORDERS DURING CHAINSAW WORK USING REBA AND RULA METHODS

Summary. Musculoskeletal disorders (MSD) comprise many different kinds of health problems, which include: pains of spine and back, as well as upper and lower limbs injuries. The aim of the study was to analyse MSD for chainsaw operator. The scope was limited to the evaluation of the two main technological operations (felling and pruning) by using REBA (Rapid Entire Body Assessment) and RULA (Rapid Upper Limb Assessment) methods. The results obtained by REBA method indicate an unacceptable level of load for chainsaw operator. The postural analysis of the upper limbs (RULA) showed their high overloading and lack of positions indicating acceptable risk level. On the basis of the tests, it can be concluded that the application of RULA and REBA methods for postural load analysis for chainsaw operator does not show a significant statistical difference in the risk level category. Comparing the obtained results, it should be emphasised, that RULA and REBA methods give stricter criteria than analysis conducted by OWAS method.

Key words: tree felling, chainsaws, working posture, musculoskeletal disorders

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Krzysztof Leszczyński, Katedra Użytkowania Lasu i Drewna, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Poland, e-mail: rleszcz@cyf-kr.edu.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

23.02.2012

Do cytowania – For citation:

*Leszczyński K., Pyzia P., 2012. Ocena obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego podczas pracy pilarką łańcuchową z zastosowaniem metod REBA oraz RULA. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 3, #49.*