

Ocena obciążenia mięśni kończyny górnej podczas użytkowania rękawic ochronnych do ochrony przed nożami ręcznymi*

**Tomasz Tokarski,
Emilia Irzmańska**

Centralny Instytut Ochrony
Pracy – Państwowy Instytut
Badawczy

Abstrakt: W przypadku wykonywania przez pracowników czynności zawodowych przy narażeniu rąk na przecięcie i przekłucie nożami ręcznymi ważny jest pewny chwyt oraz odpowiednia wrażliwość dotykowa rąk. Nieprawidłowo dobrane pod względem ergonomicznym rękawice mogą wpływać ujemnie na komfort użytkowania związany z obniżeniem precyzji, wrażliwości dotykowej, siły chwytu i zręczności, co poprzez zwiększone obciążenie mięśni może powodować wzrost wypadkowości w miejscu pracy. Celem autorów artykułu była ocena obciążenia mięśni kończyny górnej podczas użytkowania wybranych wariantów rękawic chroniących przed przecięciami i ukłuciami nożami ręcznymi. Rękawice dobrano w zależności od zakresu czynności prac wykonywanych przy rozbiórce mięsa. Obciążenie mięśni badano podczas wykonywania dwóch testów standardowych (test siły ciągnięcia cylindra według PN-EN 1082-2:2002 oraz test zdolności manipulacyjnych na tablicy Purdue Pegboard) i trzech testów opracowanych z uwzględnieniem sposobu wykonywania pracy przez pracowników korzystających z rękawic ochronnych. Użytkowanie rękawic ochronnych nie wpływa znacznie na obciążenie mięśni, jednak ma bardzo duży wpływ na sposób wykonywania pracy. Zmniejszenie parametrów określających sprawność kończyny górnej sięga nawet 250%, czyli sprawność zmniejsza się ponad dwukrotnie. W związku z tym, w celu zapewnienia bezpiecznych warunków pracy przy rozbiórce mięsa, należy uwzględnić mniejszą sprawność ręki podczas wykonywania czynności pracy.

Słowa kluczowe: rękawice ochronne, obciążenie mięśni, EMG

1. Wprowadzenie

Ręce pracownika są najbardziej narażone na bezpośrednie działanie czynników szkodliwych i niebezpiecznych, wy-

* Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego 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.

Korespondencja:
Tomasz Tokarski
Centralny Instytut Ochrony Pracy –
Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Ergonomii
ul. Czerniakowska 16
00-701 Warszawa, Poland
Tel. +48 22 623 32 03
E-mail: tomto@ciop.pl

stępujących na stanowiskach pracy. W związku z tym obrażenia kończyn górnych są najczęstszym rodzajem urazów podczas wykonywania pracy. Potwierdzają to dane Głównego Urzędu Statystycznego z 2014 roku, według których z ogólnej liczby poszkodowanych w wypadkach przy pracy, wynoszącej 95 462 osoby, aż w 40 927 przypadkach (co stanowi około 43%) umiejscowienie urazów dotyczyło kończyn górnych. Jednocześnie spośród całkowitej liczby poszkodowanych aż 17 186 (18%) wydarzeń powodujących uraz stanowił kontakt z przedmiotem ostrym. Do urazów najczęściej dochodzi w zakładach przemysłu spożywczego, głównie mięsnego.

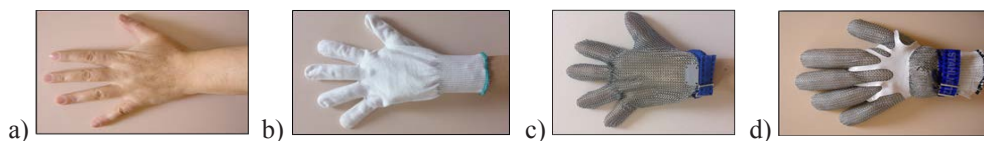
Jednym z działań na rzecz zapobiegania urazom rąk jest stosowanie prawidłowo dobranych pod względem ochronnym rękawic chroniących przed przecięciami i ukłuciami nożami ręcznymi. Według danych literaturowych (Rempel, Harrison, Barnhart, 1992) stosowanie prawidłowo dobranej ochrony rąk może zmniejszyć ryzyko urazów kończyn górnych nawet o 60%. Należy podkreślić, że rękawice chroniące przed czynnikami mechanicznymi są środkami ochrony indywidualnej i powinny przede wszystkim spełniać wymagania zdefiniowane w odpowiednich normach. Oprócz właściwości ochronnych bardzo ważne jest także prawidłowe dopasowanie wyrobu do anatomicznego kształtu ręki, zapewniające wygodę i komfort użytkownika związany ze zręcznością manualną, właściwościami antypoślizgowymi i bezpiecznym wykonywaniem pracy. Zatem rękawice powinny uwzględniać wymagania ergonomii.

Celem badań była ocena obciążenia mięśni kończyny górnej podczas użytkowania wybranych wariantów rękawic chroniących przed przecięciami i ukłuciami nożami ręcznymi.

2. Charakterystyka rękawic ochronnych

Do badań wytypowano rękawice stosowane najczęściej do ochrony przed przecięciami i ukłuciami nożami ręcznymi (rysunek 1, tabela 1), tj.:

- rękawice z dzianiny z przędzą metalową – do prac o mniejszym ryzyku urazów rąk, przy których pracownik stosuje nieostro zakończony noże lub stosowane noże są przemieszczane w kierunku „od ręki”;
- rękawice z plecionki pierścieni metalowych – przeznaczone do prac o większym ryzyku urazów rąk, kiedy pracownik posługuje się ostro zakończonymi nożami, z użyciem znacznej siły w kierunku „do ręki” pracownika;
- rękawice z plecionki pierścieni metalowych z ergonomiczną nakładką poliuretanową – przeznaczone do prac jak w przypadku rękawic z plecionki pierścieni metalowych.



a) wariant W1 – ręka bez założonej rękawicy; b) wariant W2 – ręka z założoną rękawicą z przędzy rdzeniowej; c) wariant W3 – ręka z założoną rękawicą z plecionki pierścieni metalowych; d) wariant W4 – ręka z założoną rękawicą z przędzy rdzeniowej, rękawicą z folii polimerowej, rękawicą z plecionki oraz ergonomiczną nakładką poliuretanową.

(a) variant W1—hand without a glove; b) variant W2—hand with a glove made of core yarn; c) variant W3—hand with a gauntlet made of braided metal rings; d) variant W4—hand with a glove made of spun yarns, polymer film glove, braided glove and ergonomic polyurethane cap)

Rysunek 1. Warianty badania rękawic ochronnych
(Figure 1. Variants of protective gloves)

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1. Grubość i masa rękawic w zależności od wariantu badania
(Table 1. Thickness and weight of gloves depending on test variant)

| Wariant (Variant) | Grubość rękawic (Glove thickness) [mm] | Masa rękawic (Glove weight) [g] |
|----------------------|--|---------------------------------------|
| W2 | 0,65 | 45,3 |
| W3 | 1,7 | 296,7 |
| W4 | 3,2 | 341,9 |

Źródło: opracowanie własne.

3. Charakterystyka badanej grupy

Badanie rękawic ochronnych przeprowadzono na grupie 20 mężczyzn, jednorodnej pod względem wieku. Pod uwagę wzięto najważniejsze aspekty budowy anatomicznej, takie jak wysokość i masa ciała oraz wskaźnik BMI. Badania przeprowadzono dla lewej ręki ze względu na rzeczywiste warunki pracy: trzymanie noża w prawej ręce, a obrabianego produktu – w lewej. Lewa ręka jest narażona na ewentualne przecięcia lub przekłucia. Charakterystykę badanej grupy przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka badanej grupy
(Table 2. Characteristics of tested group)

| Liczba badanych (Number of people) [N = 20] | Średnia (Average) | SD (SD) | Minimum (Minimum) | Maksimum (Maximum) |
|---|----------------------|------------|----------------------|-----------------------|
| Wiek (Age) [lata / years] | 32,8 | 6,1 | 19 | 44 |
| Wysokość ciała (Body height) [cm] | 177,1 | 5 | 170 | 185 |
| Masa ciała (Body weight) [kg] | 79,9 | 6,4 | 68 | 90 |
| BMI [–] | 25,5 | 1,8 | 22,5 | 29,1 |

Źródło: opracowanie własne.

4. Procedura badawcza

Badania przeprowadzono, korzystając z dwóch testów standardowych (test 1 i test 2) oraz trzech testów przygotowanych specjalnie do badania obciążenia wybranych mięśni kończyny górnej podczas symulowania czynności pracy charakterystycznych dla stanowisk, na których wykorzystywane są rękawice ochronne (test 3, test 4 i test 5). Testy przygotowane specjalnie do badań symulowały wykonywanie najczęściej powtarzanych, rutynowych czynności pracy związanych z rozbiorem mięsa (drobiowego, wieprzowego, wołowego).

Badania przeprowadzono w następujący sposób:

- przygotowanie uczestnika do badań;
- zamocowanie elektrod do pomiaru elektrycznej aktywności mięśni (EMG);
- pomiar maksymalnej siły mięśniowej dla badanych mięśni, określenie wartości maksymalnego napięcia mięśniowego (MVC – *Maximum Voluntary Contraction*);
- pomiar dla wariantu badania bez nałożonej rękawicy – W1 dla poszczególnych testów test 1–test 5;
- pomiar dla wariantów badania z rękawicami W2, W3 i W4 dla poszczególnych testów test 1–test 5;
- pomiar maksymalnej siły mięśniowej dla badanych mięśni;
- zdjęcie elektrod i zakończenie badania.

5. Charakterystyka testów

Badania przeprowadzono, korzystając z dwóch testów standardowych i trzech testów opracowanych na potrzeby oceny obciążenia:

- test 1: siła ciągnięcia cylindra według PN-EN 1082-2:2002 – ocena siły kończyny górnej;
- test 2: zdolności manipulacyjne na tablicy Pardue Pegboard – ocena małych ruchów rąk;
- test 3: odciąganie przedmiotu – symulacja czynności zawodowych – ocena większych ruchów ramion;
- test 4: przytrzymywanie przedmiotu – symulacja czynności zawodowych – ocena większych ruchów rąk;
- test 5: wykręcanie i wkręcanie przedmiotu – symulacja czynności zawodowych – ocena większych ruchów ramion i rąk.

Podczas wykonywania każdego z testów (test 1–test 5) rejestrowane było obciążenie mięśni z zastosowaniem elektromiografii powierzchniowej (EMG). W trakcie każdego z testów rejestrowano także wynik testu określony zgodnie z tabelą 3.

Tabela 3. Parametry rejestrowane dla poszczególnych testów podczas badania obciążenia wybranych mięśni kończyny górnej

(Table 3. Recorded parameters for individual tests during testing load of selected muscles of upper limb)

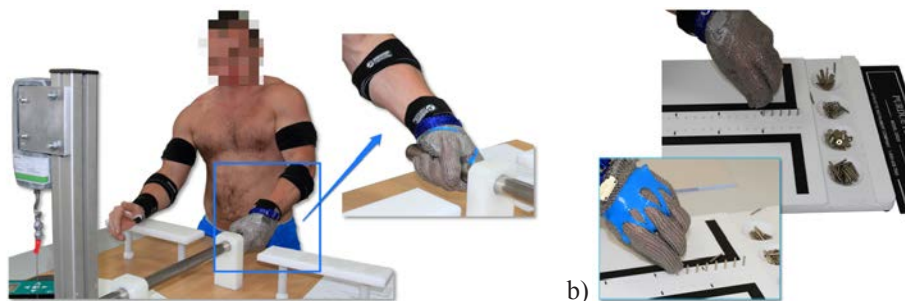
| Test (Test) | Wyznaczane parametry (Tested parameters) | Jednostka (Unit) |
|-------------|---|------------------|
| Test 1 | Wartość maksymalnej siły ciągnięcia cylindra oraz wartość siły utrzymywanej przez 10 sekund | [N] |
| Test 2 | Liczba elementów umieszczonych na tablicy w czasie 30 sekund | [-] |
| Test 3 | Czas utrzymywania elementu w pozycji odchylonej o zadany kąt | [s] |
| Test 4 | Odległość, na którą przesunęły się palce uczestnika w czasie 10 sekund | [mm] |
| Test 5 | Odległość, na którą przesunął się znacznik urządzenia w stosunku do wartości początkowej w czasie 10 sekund | [mm] |

Źródło: opracowanie własne.

Podczas testu 1 – standardowego badania (PN-EN 1082-2:2002) – wykonywano ruchy chwytania i ciągnięcia metalowego cylindra. Przed badaniem cylinder odtłuszczano oraz przecierano w celu usunięcia śladów wilgoci.

Urządzenie badawcze składało się ze stołu, nad którego powierzchnią zamontowany został cylinder z uchwytem połączony z dynamometrem. Dynamometr służył do odczytu wartości siły wywieranej na cylinder. Urządzenie ustawiono w taki sposób, aby uchwyt cylindra znajdował się na wysokości talii osoby badanej. Kąt między przedramieniem a ramieniem osoby badanej wynosił 120°.

Badanie wykonywane było w pozycji stojącej wyprostowanej. Prawa ręka położona była na podpórce, a lewa lekko zaciśnięta na uchwycie cylindra. Pomiar rozpoczynał się od ustalenia wartości maksymalnej siły ciągnięcia cylindra w czasie nie dłuższym niż 5 sekund. Następnie badany miał za zadanie utrzymanie siły na poziomie 50% wartości maksymalnej siły przez 10 sekund. Sposób przeprowadzenia pomiarów przedstawiono na rysunku 2a.

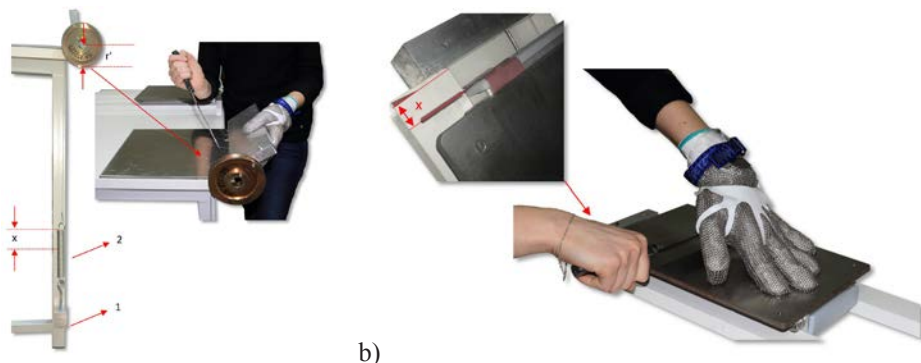


a) test 1 – siła ciągnięcia cylindra; b) test 2 – zdolności manipulacyjne
(a) test 1—the force of pulling cylinder; b) test 2—handling capabilities)

Rysunek 2. Sposób przeprowadzenia pomiarów – testy 1 i 2
(Figure 2. Measurement methods—tests 1 and 2)

Źródło: opracowanie własne.

Podczas testu 2 oceniano zdolności manipulacyjne (Purdue Pegboard). Tablica Purdue Pegboard zbudowana jest z dwóch równoległych rzędów, w których znajduje się po 25 otworów. W małych pojemnikach na górze planszy po obu stronach umieszczone są metalowe kołeczki. Zadaniem osoby badanej jest pobranie kołeczka i umieszczenie go w wyznaczonym otworze. Za każdym razem można pobrać tylko jeden kołeczek i umieścić go w kolejnym pustym otworze. Wynik testu stanowi liczba kołeczków umieszczona w otworach w czasie 30 sekund. Sposób przeprowadzenia pomiarów przedstawiono na rysunku 2b.



a) test 3 – odciąganie przedmiotu; b) test 4 – przytrzymywanie przedmiotu
(a) test 3—pulling object; b) test 4—holding object)

Rysunek 3. Sposób przeprowadzenia pomiarów – testy 3 i 4
(Figure 3. Measurement methods—tests 3 and 4)

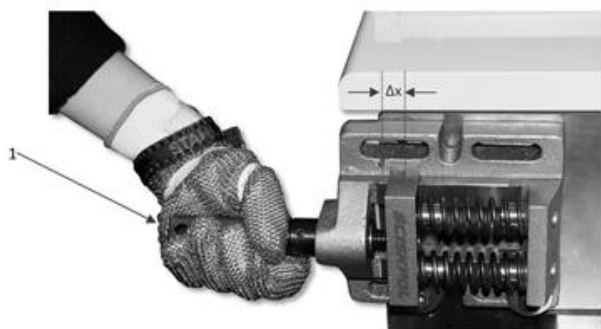
Źródło: opracowanie własne.

Test 3 polegał na odciąganiu przedmiotu, które wykonywane jest w pozycji stojącej wyprostowanej. Zadaniem osoby badanej jest odciągnięcie metalowej płyty w taki sposób, aby obserwowany przez niego znacznik, znajdujący się po wewnętrznej stronie bloczka, był ustawiony na poziomie stołu. Podczas badania największe obciążenie występuje w obszarze mięśnia przywodziciela kciuka. Odciąganie płyty odbywa się kciukiem poprzez nacisk palcami na płytę i ciągnięcie jej do siebie. W trakcie badania rejestrowany jest czas utrzymania odciągniętego przedmiotu bez drżenia lub zmiany pozycji ręki bądź całego ciała. W przypadku braku oznak zmęczenia pomiar przerywano po 30 sekundach. Sposób przeprowadzenia pomiarów przedstawiono na rysunku 3a.

Test 4 – przytrzymywanie przedmiotu – wykonywany jest w pozycji stojącej wyprostowanej. Kończyna górna ustawiona jest w taki sposób, aby kąt między przedramieniem a powierzchnią stołu wynosił 45° . Zadaniem osoby badanej jest przesunięcie i przytrzymanie płyty poza zakres wskazanego znacznika. Podczas badania mierzona jest odległość między znacznikami na stole i przesuwanej płycie. Zadanie wykonywane jest w czasie 10 sekund. Sposób przeprowadzenia pomiarów przedstawiono na rysunku 3b.

Test 5 polegający na wykręcaniu i wkręcaniu przedmiotu wykonywany jest w pozycji stojącej wyprostowanej. Zadaniem osoby badanej jest chwycenie badaną ręką za trzpień urządzenia i wkręcanie go w czasie 10 sekund. Podczas badania mierzona jest odległość, na jaką

przesunął się znacznik urządzenia w stosunku do wartości początkowej. Sposób przeprowadzenia pomiarów przedstawiono na rysunku 4.



Rysunek 4. Sposób przeprowadzenia pomiarów dla testu 5 – wykręcanie i wkręcanie przedmiotu
(Figure 4. Measurement method for test 5—unscrewing and screwing object)

Źródło: opracowanie własne.

Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono kalibrację stanowisk pomiarowych dla testu 3, testu 4 i testu 5. Do przeprowadzenia kalibracji zastosowano dynamometr wzorcowy. W przypadku testu 4 wyznaczono wartość siły niezbędnej do przytrzymywania przedmiotu, natomiast w przypadku testu 3 i testu 5 wyznaczono wartości momentów sił niezbędnych do odciążenia przedmiotu oraz wykręcenia i wkręcenia przedmiotu. Wyznaczone charakterystyki zależności między kątem odchylenia przedmiotu (test 3), odległością przemieszczenia i przytrzymania przedmiotu oraz liczbą obrotów a siłą lub momentami sił niezbędnymi do przesunięcia lub obrotu były liniowe. To oznacza, że zależności wyników testów od wartości fizycznych zadanych, jak obciążenie, pozwalają na porównanie wyników między wariantami badań i poszczególnymi testami.

6. Metodyka badań

Badanie obciążenia mięśni kończyny górnej podczas testów (test 1–test 5) wykonywano z zastosowaniem elektromiografii powierzchniowej (EMG). Przed przeprowadzeniem pomiarów wyznaczono wartość maksymalnego napięcia mięśni (MVC).

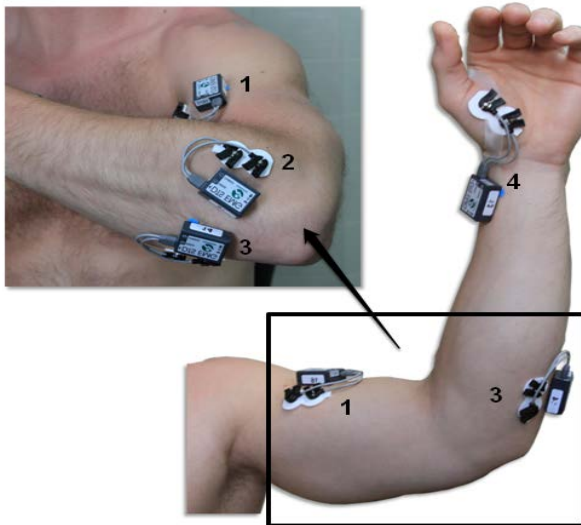
Badanie przeprowadzone zostało przy użyciu bezprzewodowego systemu TeleMyo DTS firmy Noraxon. Służy on do rejestracji i analizy obciążenia mięśni podczas badań i składa się z następujących elementów:

- elektrody EMG podłączonej do przedwzmacniaczy z wbudowanym nadajnikiem sygnału (rysunek 5) – ich zadaniem jest rejestracja sygnału i przesłanie go do nadajnika zbiorczego;
- nadajnik zbiorczy – jego zadaniem jest zebranie sygnału z elektrod EMG i przesłanie do komputera;
- odbiornik sygnału – podłączony przez port USB do komputera posiadającego oprogramowanie do rejestracji i analizy sygnału EMG.



Rysunek 5. Elektrody EMG wykorzystywane w systemie TeleMyo DTS
(Figure 5. EMG electrodes used in the TeleMyo DTS system)

Źródło: opracowanie własne.



1 – mięsień dwugłowy ramienia; 2 – mięsień prostownik palców; 3 – mięsień zginacz łokciowy nadgarstka;
4 – mięsień przywodziciel kciuka
(1—biceps brachi muscle; 2—extensor digitorum muscle; 3—flexor carpi ulnaris muscle; 4—adductor pol-
licis muscle)

Rysunek 6. Lokalizacja elektrod EMG podczas badania
(Figure 6. Location of EMG electrodes during testing)

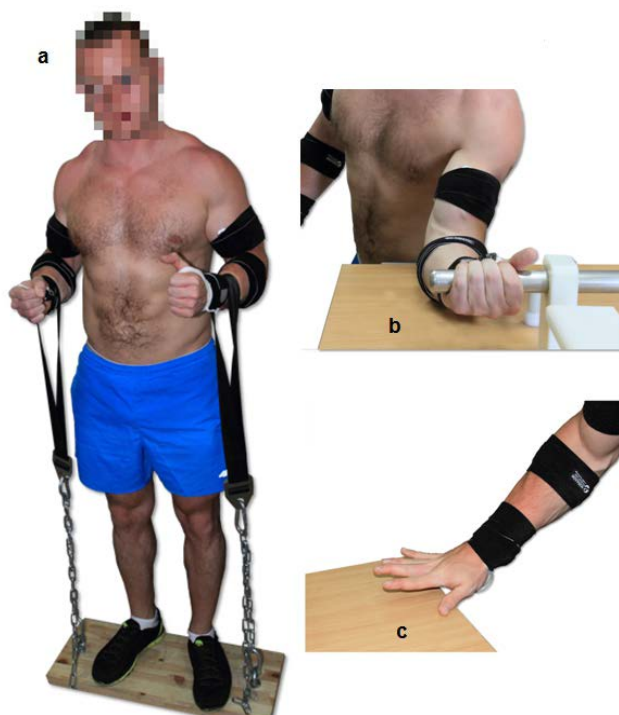
Źródło: opracowanie własne.

Sygnal z mięśni był rejestrowany i analizowany z użyciem oprogramowania MyoResearch XP Master Edition 1.08.17.

Do analizy obciążenia mięśni kończyny górnej wybrane zostały cztery mięśnie lewej kończyny górnej:

- mięsień dwugłowy ramienia – głowa długa,
- mięsień prostownik palców,
- mięsień zginacz łokciowy nadgarstka,
- mięsień przywodziciel kciuka.

Elektrody EMG mocowane były na skórze, tuż po uprzednim jej oczyszczeniu ze zrogowaciałego naskórka i odtuszczeniu w celu uzyskania jak najlepszej przewodności elektrycznej. Elektrody umieszczano nad badanym mięśniem zgodnie z instrukcją producenta aparatury pomiarowej (rysunek 6).



Pomiary dla: a – mięśnia dwugłowego ramienia, b – mięśnia zginacza łokciowego nadgarstka; c – mięśnia przywodziciela kciuka i prostownika palców
(Measurements for: a—biceps brachii muscle; b—flexor carpi ulnaris muscle; c—adductor pollicis muscle and extensor digitorum muscle)

Rysunek 7. Sposób pomiaru maksymalnej siły mięśniowej
(Figure 7. Measurement method of maximal muscle force)

Źródło: opracowanie własne.

Po umieszczeniu elektrod na skórze i uruchomieniu oprogramowania przystępowano do pomiaru maksymalnej siły mięśniowej dla poszczególnych mięśni w celu uzyskania wartości dla maksymalnego napięcia mięśniowego (MVC, rysunek 7).

Zarejestrowane w czasie poszczególnych testów (test 1–test 5) wartości zostawały podane obróbce zgodnie z następującą procedurą:

- rektyfikacja sygnału;
- wygładzenie sygnału;
- normalizacja amplitudy w odniesieniu do wartości uzyskanych podczas wyznaczania maksymalnego napięcia mięśniowego (MVC).

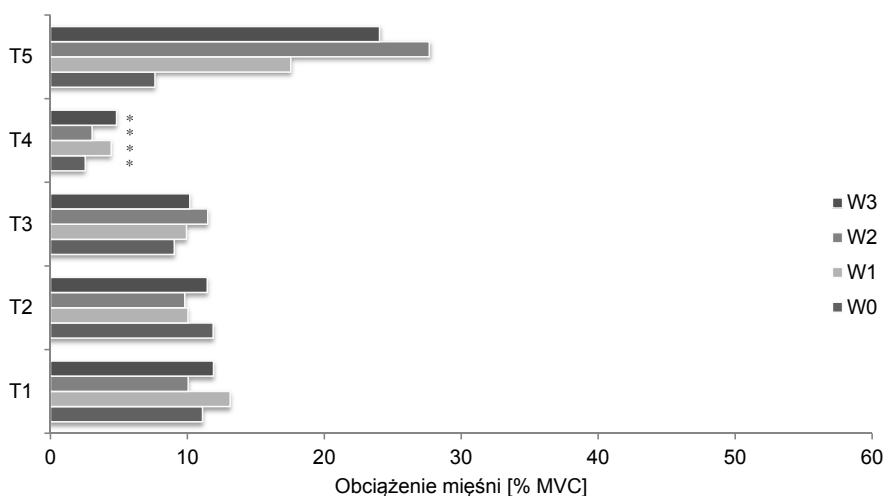
Po przeprowadzeniu obróbki sygnału EMG wartości obciążenia poszczególnych mięśni wyznaczono jako procent maksymalnego napięcia mięśniowego (% MVC).

7. Analiza statystyczna badań

Do oceny wpływu użytkowania rękawic ochronnych na obciążenia mięśni kończyny górnej zastosowano analizę wariancji (ANOVA) oraz test *post hoc* NIR. Przed przystąpieniem do analizy statystycznej sprawdzono jednorodność wariancji testem Levene'a. W przypadku braku jednorodności wariancji zastosowano nieparametryczny test Friedmanna oraz test *post hoc* dla testu Friedmanna. Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Statistica w wersji 9.1.

8. Wyniki badań obciążenia mięśni

Podczas badania obciążenie mięśni określano w wartościach procentowych w odniesieniu do maksymalnej siły każdego z badanych mięśni (MVC [%]). Większa wartość obciążenia wyrażona w procentach określa większe obciążenie mięśnia. Średnia wartość obciążenia dla całej zmiany roboczej nie powinna przekraczać 14%, natomiast poziom szczytowy obciążenia nie powinien przekraczać 70% (Jonsson, 1982; Koradecka [red.], 1997).



T1–T5 – oznaczenie testu; W0–W3 – wariant badania; * – różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$ (T1–T5—test description; W0–W3—measurement variant; *—statistically significant differences at level of $p < 0.05$)

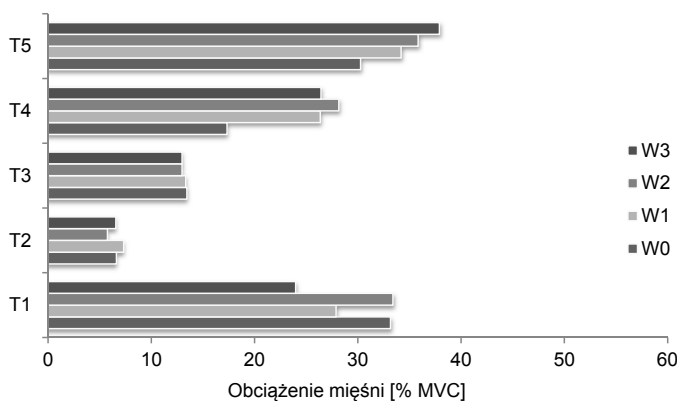
Rysunek 8. Średnie obciążenie mięśnia przywodziciela kciuka w przeprowadzonych testach
(Figure 8. Average load of adductor pollicis muscle in the performed tests)

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunkach przedstawiono wartości obciążenia badanych mięśni podczas wszystkich testów w zależności od wariantu badania (rysunki 8–11).

Obciążenie mięśnia przywodziela kciuka najczęściej było poniżej poziomu 14% MVC (rysunek 8). Jedynie w teście T5 (wykręcanie i wkręcanie przedmiotu) obciążenie przekroczyło wartość 14% MVC podczas użycia wszystkich trzech wariantów rękawic. Różnice w obciążeniu mięśni były nieistotne statystycznie z wyjątkiem testu T4 (przytrzymywanie przedmiotu), w którym różnica istotna statystycznie występowała między wariantem W0 (bez rękawicy) a wariantami W1 (z rękawicą z przędzy rdzeniowej) i W3 (z rękawicą z przędzy rdzeniowej, folii polimerowej, plecionki oraz ergonomiczną nakładką poliuretanową). Jednak w przypadku testu T4 obciążenie mięśnia przywodziela kciuka było bardzo małe i w każdym z wariantów badania nie przekraczało 5% MVC.

Obciążenie mięśnia prostownika palców nie przekraczało poziomu szczytowego w żadnym z wariantów badań (rysunek 9). Średnie obciążenie podczas badania przekroczone zostało podczas testu T1 (siła ciągnięcia cylindra), T4 (przytrzymywanie przedmiotu) oraz T5 (wykręcanie i wkręcanie przedmiotu). Jednak różnice między wariantami rękawic w przypadku każdego z przeprowadzonych testów były nieistotne statystycznie.



T1–T5 – oznaczenie testu; W0–W3 – wariant badania
(T1–T5—test description; W0–W3—measurement variant)

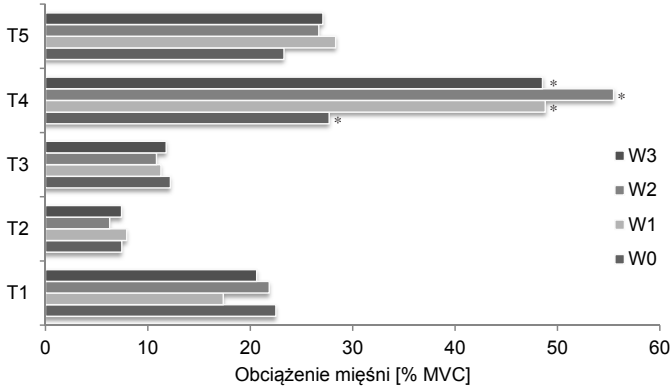
Rysunek 9. Średnie obciążenie mięśnia prostownika palców w przeprowadzonych testach
(Figure 9. Average of load of extensor digitorum muscle in performed tests)

Źródło: opracowanie własne.

Obciążenie mięśnia zginacza łokciowego nadgarstka było największe w teście T4 – przytrzymywanie przedmiotu, jednak nawet w tym przypadku nieprzekroczona została wartość napięcia szczytowego (rysunek 10). Tylko w przypadku tego testu różnice w obciążeniu mięśnia były istotne statystycznie. Różnice te zaobserwowano między obciążeniem mięśnia podczas testu bez rękawicy a testami z użycie wszystkich wariantów rękawic. Podczas testu T2 (zdolności manipulacyjne) i testu T3 (odciąganie przedmiotu) obciążenie mięśnia zginacza łokciowego nadgarstka było najmniejsze i nie przekraczało wartości 14% MVC.

Obciążenie mięśnia dwugłowego ramienia zazwyczaj nie przekraczało 14% MVC (rysunek 11). Jedynie w przypadku testu T5 (wykręcanie i wkręcanie przedmiotu) obciążenie było

nieznacznie większe. Różnice statystycznie istotne zaobserwowano w przypadku przeprowadzenia testu T4 (przytrzymywanie przedmiotu) między wariantem bez rękawicy a wszystkimi wariantami z rękawicami. Jednak w przypadku testu T4 obciążenie mięśnia dwugłowego ramienia było bardzo małe i w każdym z wariantów badania nie przekraczało 5% MVC.

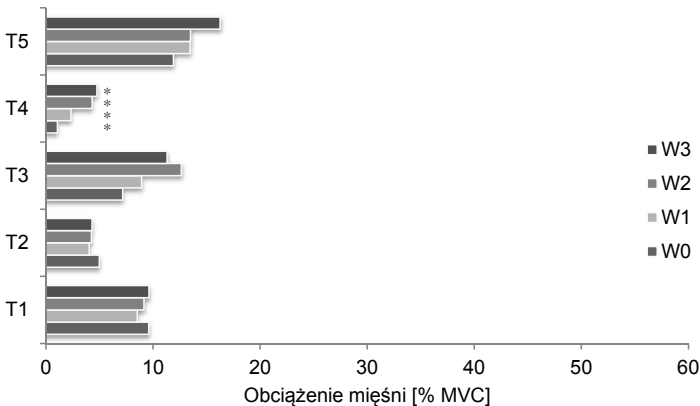


T1–T5 – oznaczenie testu; W0–W3 – wariant badania; * – różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$ (T1–T5—test description; W0–W3—measurement variant; *—statistically significant differences at level of $p < 0.05$)

Rysunek 10. Średnie obciążenie mięśnia zginacza łokciowego nadgarstka w przeprowadzonych testach (Figure 10. Average load of flexor carpi ulnaris muscle in performed tests)

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki badań wskazują na podobne obciążenie mięśni podczas użytkowania różnych wariantów rękawic ochronny. Z tego względu należy wziąć pod uwagę wyniki testów, podczas których przeprowadzono badania obciążenia mięśni.



T1–T5 – oznaczenie testu; W0–W3 – wariant badania; * – różnice istotne statystycznie na poziomie $p < 0,05$ (T1–T5—test description; W0–W3—measurement variant; *—statistically significant differences at level of $p < 0.05$)

Rysunek 11. Średnie obciążenie mięśnia dwugłowego ramienia w przeprowadzonych testach (Figure 11. Average load of biceps brachii muscle in performed tests)

Źródło: opracowanie własne.

9. Wyniki testów oceny zdolności manualnych i siły

Wyniki poszczególnych testów przeprowadzonych z użyciem trzech wariantów rękawic ochronnych i bez ich użycia przedstawiono w tabeli 4.

Wyniki testów standardowych (T1 – siła ciągnięcia cylindra i T2 – zdolności manipulacyjne) wskazują na zmniejszenie siły od 41,7% do 55,4% podczas użytkowania różnych wariantów rękawic ochronnych, w porównaniu do siły wywieranej z zastosowaniem cylindra bez użycia różnych wariantów rękawic ochronnych.

Wyniki testów symulujących czynności związane z rozbiorem mięsa wskazują na znacznie większe zróżnicowanie wyników. W przypadku testu T3 (odciąganie przedmiotu) i testu T5 (wykręcanie i wkręcanie przedmiotu) wyniki testu w różnych wariantach rękawic tylko nieznacznie różniły się od wariantu bez rękawic: o 11,4%–16,7% w przypadku testu T3 i 0%–9,9% w przypadku testu T5. W przypadku korzystania przez osoby badane z rękawic z dzianiny z przędzą metalową uzyskano nawet wynik lepszy o 19% niż w przypadku wariantu bez rękawicy. Największy wpływ korzystania z różnych wariantów rękawic na wynik testu zaobserwowano w przypadku testu T4 (przytrzymywanie przedmiotu). Wynik uzyskany w rękawicach był od 162% do 255% gorszy od wyniku osiągniętego bez rękawic. W przypadku tego testu bardzo duże znaczenie ma siła tarcia pomiędzy palcami ręki lub rękawicy a powierzchnią przytrzymywanego przedmiotu. Przy zastosowaniu różnego wariantu rękawic ochronnych siła tarcia była znacznie mniejsza niż podczas testu bez użycia rękawic.

Tabela 4. Różnice w wynikach testów T1–T5 w porównaniu z wariantem W0 (bez rękawicy ochronnej)
(Table 4. Differences in T1–T5 test results compared to W0 variant [without protective glove])

| Test (Test) | Parametr (Parameter) | W1/W0 [%] | W2/W0 [%] | W3/W0 [%] |
|--|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| T1 – siła ciągnięcia cylindra | Siła maksymalna | –55,4 | –41,8 | –49,0 |
| | Utrzymanie siły – 50% | –54,8 | –41,7 | –48,8 |
| T2 – zdolności manipulacyjne | Liczba elementów w tablicy | –28,6 | –42,9 | –50,0 |
| T3 – odciąganie przedmiotu | Czas utrzymywania elementu | –16,7 | –11,4 | –11,4 |
| T4 – przytrzymywanie przedmiotu | Odległość przesunięcia palców | –255,0 | –222,0 | –162,0 |
| T5 – wykręcanie i wkręcanie przedmiotu | Odległość przesunięcia znacznika | 19,0 | 0,0 | –9,9 |

Wartości ujemne wskazują pogorszenie wyniku testu, wartości dodatnie – poprawienie wyniku testu.

Źródło: opracowanie własne.

10. Podsumowanie

Doniesienia literaturowe wskazują, iż w ostatnich latach prowadzone są intensywne badania naukowe w kierunku oceny właściwości ergonomicznych i zręczności manualnej podczas pracy w różnych rękawicach ochronnych. Wpływ ma rozmiar, konstrukcja wyrobu

i właściwości zastosowanych materiałów, co według różnych autorów warunkuje zmniejszenie wypadków przy pracy i urazów kończyn górnych (Kovacs i in., 2002).

W przypadku wykonywania przez pracowników czynności zawodowych przy narażeniu rąk na przecięcie i przekłucie nożami ręcznymi ważny jest pewny chwyt oraz odpowiednia wrażliwość dotykowa rąk (Zedalis, Kessler, 2007). Nieprawidłowo dobrane pod względem ergonomicznym rękawice (zbyt sztywna plecionka, grube materiały antyprecięciowe, materiały nieposiadające właściwości antypoślizgowych, niewłaściwe rozmiary) mogą wpływać ujemnie na komfort użytkowania związany z obniżeniem precyzji, wrażliwości dotykowej, siły chwytu i zręczności, co poprzez zwiększone obciążenie mięśni może powodować wzrost wypadkowości w miejscu pracy (Rempel, Harrison, Barnhart, 1992; Silverstein, Fine, Armstrong, 1986; Nordin, Andersson, Pope [eds.], 1997; Putz-Anderson [ed.], 1988; Drabek, Boucek, Buffington, 2010).

Podczas przeprowadzonych badań użytkowania wybranych wariantów rękawic ochronnych zaobserwowano, że w większości nie występują istotne różnice obciążenia badanych mięśni. Pomimo braku takich różnic wyniki testów oceny zdolności manualnych i siły byłoby znacznie gorsze, gdyby badani wykonywali je w rękawicach ochronnych. Wskazuje to na ograniczenie sprawności i możliwości wykonywania czynności pracy podczas użytkowania rękawic ochronnych. Zatem w celu zapewnienia bezpiecznych warunków pracy przy zadaniach wymagających stosowania rękawic ochronnych należy uwzględnić mniejszą sprawność ręki i dostosować liczbę oraz zakres wykonywanych czynności pracy do ograniczonych możliwości pracownika.

Bibliografia

- Drabek, T., Boucek, C.D., Buffington, C.W. (2010). Wearing the wrong size latex surgical gloves impairs manual dexterity. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7(3), 152–155.
- Jonsson, B. (1982). Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. *Journal of Human Ergology*, 11(1), 73–88.
- Koradecka, D. (red.). (1997). *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*. T. 1 i 2. Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy. ISBN 8390174065 (t. 1), 8390174065 (t. 2).
- Kovacs, K., Splittstoesser, R., Maronitis, A., Marras, W.S. (2002). Grip force and muscle activity differences due to glove type. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 63(3), 269–274.
- Nordin, M., Andersson, G.B.J., Pope, M.H. (eds.). (1997). *Musculoskeletal Disorders in the Workplace: Principle and Practice*. Edinburgh: Elsevier Mosby. ISBN 9780323026222.
- PN-EN 1082-2:2002 Odzież ochronna. Rękawice i ochrony ramion chroniące przed przecięciami i ukłuciami nożami ręcznymi. Część 2: Rękawice i ochrony ramion wykonane z materiałów innych niż plecionka pierścieni.
- Purdue Pegboard Test (2014). User Instruction. Lafayette Instrument.
- Putz-Anderson, V. (ed.). (1988). *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limb*. New York: Taylor & Francis. ISBN 0850664055.
- Rempel, D., Harrison, R., Barnhart, S. (1992). Work-related cumulative trauma disorders of the upper extremity. *Journal of American Medicine Association*, 267(6), 838–842.
- Silverstein, B.A., Fine, L.J., Armstrong, T.J. (1986). Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 43(11), 779–784.
- Zedalis, M.S., Kessler, K. (2007). Frequently asked questions: Ergonomics and hand protection. *Occupational Health Safety*, 76(4), 64–66.

Evaluation of load of upper limb muscles during use of protective gloves to protect from hand knives

Abstract: In the case of workers performing occupational activities involving a risk of hand cutting and puncturing a firm grip as well as proper touch sensitivity of hands are important. Inappropriately selected ergonomic gloves can adversely influence comfort associated with lowered precision, tactile sensation, grip strength and dexterity, which, by increased muscle strain, can increase the rate of accidents at work. The aim of this study was to assess the load of the upper limb muscles during the use of selected variants of gloves protecting against slashing and puncture with hand knives. Gloves were selected depending on work task activities performed during cutting of meat. Mus-

cle load was tested during two standard tests (cylinder strength test according to PN-EN 1082-2:2002 and Purdue Pegboard manipulation test) and three tests prepared for proper work tasks during using protective gloves. The use of gloves does not significantly affect muscle load but it had a very big impact on the tests results. Reduction of the parameters determining the efficiency of the upper limb reaches up to 250% thus more than twofold. Therefore, in order to ensure safe working conditions for cutting of meat decreased hand precision and dexterity should be taken into account when performing work tasks.

Key words: protective gloves, muscle load, EMG