

**MAŁGORZATA ZIMNIEWSKA**

**Instytut Włókien Naturalnych**

**Poznań**

## **ANALIZA WPLYWU SKŁADU SUROWCOWEGO WYROBÓW ODZIEŻOWYCH NA WYBRANE PARAMETRY FIZJOLOGICZNE CZŁOWIEKA \***

**Recenzenci: prof. dr hab. Barbara Lipp-Symonowicz,  
prof. dr hab. Teresa Torlińska**

*W pracy przeprowadzono analizę wpływu składu surowcowego odzieży na parametry elektromiograficzne mięśni użytkownika. Materiał badań stanowiła odzież wykonana z tkanin lnianych, poliestrowych oraz mieszkankowych lniano - poliestrowych. Analizie poddano odpowiedzialne za kreowanie komfortu właściwości tkanin przeznaczonych na odzież oraz parametry mikroklimatu w strefie skóra – odzież. Parametry elektromiograficzne mięśni obu kończyn górnych rejestrowano metodą EMG przed i po pięciogodzinnym oślonięciu ciała badaną odzieżą. Analizę wyników badań przeprowadzono z użyciem metod statystycznych dla zmiennych powiązanych i niezależnych. W oparciu o rezultaty badań stwierdzono, iż odzież wytworzona z tkanin poliestrowych jest przyczyną zmian parametrów elektromiograficznych mięśni, świadczących o wystąpieniu zjawiska desynchronizacji jednostek ruchowych. W przypadku odzieży lnianej, zmian o charakterze desynchronizacji, nie stwierdzono.*

### **1. WPROWADZENIE**

Komfort jest odczuwalną częścią kompleksowego oddziaływania odzieży na ciało człowieka. Wiąże się on ze złożonymi procesami fizycznymi - stymula-

---

\* Streszczenie pracy doktorskiej. Promotor: prof. dr hab. inż. Izabella Krucińska

cji termicznej, mechanicznej; procesami fizjologicznymi związanymi z odpowiedziami receptorów i zakończeń nerwowych na bodźce pochodzące od odzieży oraz z przebiegu procesów termoregulacji; jak również z procesami psychologicznymi związanymi z odbieraniem różnorodnych wrażeń kreowanych, przez odzież. Stąd komfort dzieli się na fizjologiczny, sensoryczny oraz psychologiczny.

Komfortowi towarzyszą procesy nieodczuwalne bezpośrednio, a mające wpływ na samopoczucie i zdrowie użytkownika. Zarówno czynniki wpływające na kreowanie komfortu fizjologicznego jak i komfortu sensorycznego mogą być przyczyną zmian parametrów fizjologicznych w organizmie człowieka. Należy jednak zadać sobie pytanie, czy odzież z włókien syntetycznych i naturalnych w jednakowy sposób oddziałuje na organizm użytkownika.

Codzienna odzież kreująca odczucie komfortu, może być przyczyną zwiększonej podatności na zmęczenie osób, które są w tę odzież ubrane.

W pracy przeprowadzono analizę wpływu surowca użytego do produkcji odzieży na parametry elektromiograficzne mięśni użytkownika.

## 2. CEL PRACY

Celem pracy było udowodnienie tezy, która mówi, że: **Odzież wytworzona z różnego rodzaju surowca, ze względu na niejednakową zdolność kreowania intensywności pocenia i poziomu temperatury skóry oraz gromadzenia ładunków elektrostatycznych na swojej powierzchni wpływa w różnym stopniu na parametry elektromiograficzne mięśni użytkownika.**

## 3. BADANIA ODDZIAŁYWANIA ODZIEŻY NA PARAMETRY ELEKTROMIOGRAFICZNE MIĘŚNI

### 3.1. Metodyka badań

Metodykę badań wpływu odzieży na parametry elektromiograficzne mięśni ustalono w taki sposób, aby zapewnić podczas trwania testów warunki zbliżone do rzeczywistych warunków użytkowania odzieży, powszechnie obserwowanych w codziennym życiu człowieka.

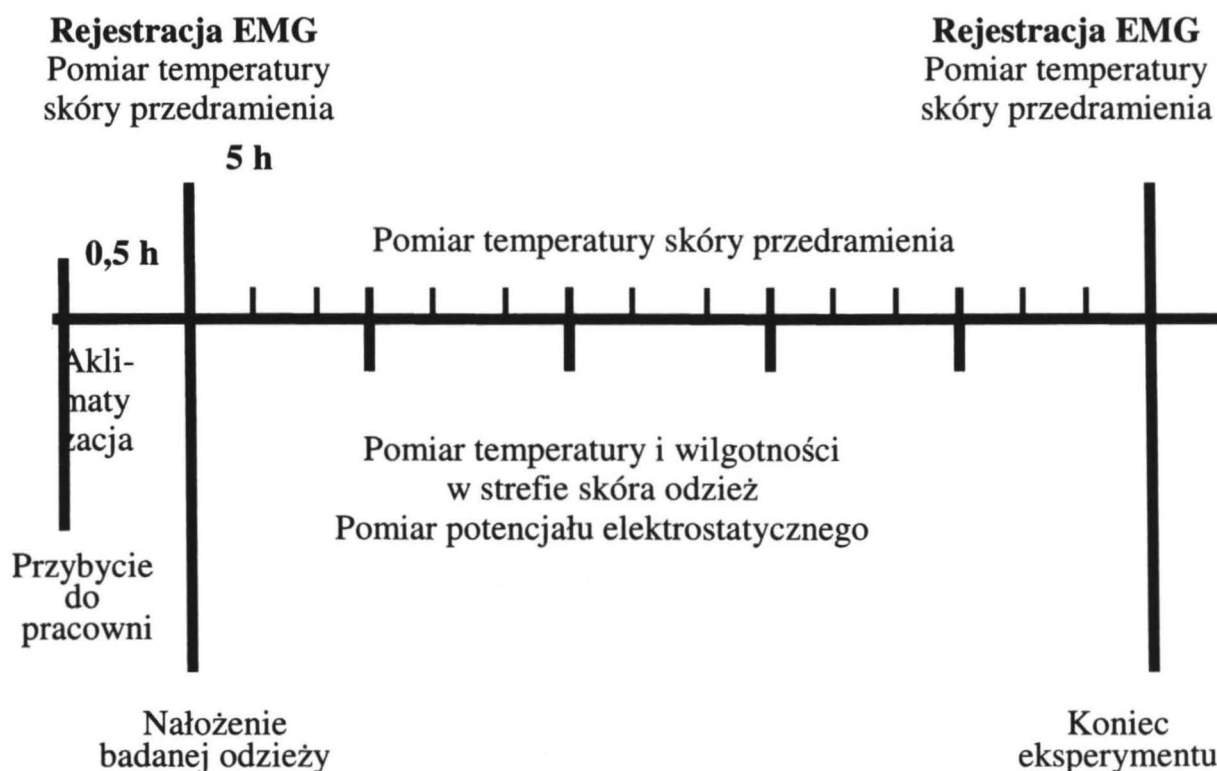
W badaniach wzięło udział 10 zdrowych mężczyzn w wieku od 24 do 29 lat, o wadze od 60 do 100 kg i wzroście od 168 do 186 cm. Odzież przeznaczona do badań, zakładana była bezpośrednio na ciało osoby biorącej udział w eksperymencie. Ochotnicy w trakcie trwania testu przebywali w komorze klimatycznej, gdzie temperatura otoczenia wynosiła  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , a wilgotność względna powie-

trza 55%. Badani w trakcie wykonywanych testów nie wykonywali czynności wysiłkowych. Czasokres trwania eksperymentu wyniósł 6 tygodni.

W czasie prowadzonych badań rejestrowano zapisy EMG aktywności różnych grup mięśniowych u osób ubranych w testowaną odzież. Ochotnicy badani byli wielokrotnie w każdej grupie surowcowej odzieży.

Rejestracje elektromiograficzne z wybranych grup mięśniowych okolicy ramienia i przedramienia wykonywano dwukrotnie w ciągu dnia, przed założeniem testowanej odzieży (około godziny 14.30) oraz po pięciogodzinnym okresie osłonięcia ciała badaną odzieżą (około godziny 19.30) uwzględniając dobowy rytm biologiczny zmienności temperatury i czynności mięśnia. Schemat przebiegu eksperymentu został przedstawiony na rysunku 1.

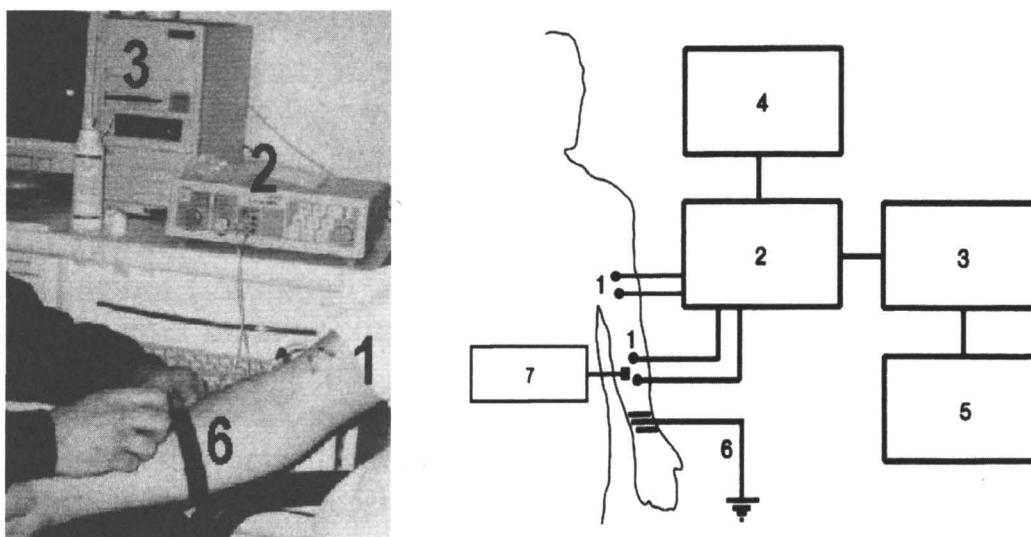
Przed wykonaniem pierwszego w danym dniu pomiaru EMG, ochotnicy poddani byli każdorazowo półgodzinnemu okresowi adaptacyjnemu w komorze klimatycznej. W okresie noszenia testowanej odzieży rejestrowano co godzinę parametry mikroklimatu skóra-odzież, takie jak wilgotność i temperaturę warstwy przyskórnej pod odzieżą. W tym celu czujniki aparatu Grant 1000 Series Squirrel umieszczono pod koszulą nad obszarem skóry pleców między łopatkami. Aparat Grant 1000 Squirrel służy do rejestracji poziomu temperatury i wilgotności powierzchniowej skóry człowieka w sposób ciągły lub punktowy, za pomocą czujników, które przytwierdza się w miejscach pomiaru za pomocą plastra. W trakcie prowadzonych badań dokonywano również pomiarów wielkości ładunku elektrostatycznego mierzonego bezpośrednio na powierzchni odzieży podczas jej użytkowania przy użyciu miernika rotacyjnego firmy HAUG.



Rys. 1. Schemat eksperymentu

### 3.2. Badania elektromiograficzne

Badania elektromiograficzne jednostek ruchowych mięśni okrytych testowaną odzieżą zostały przeprowadzone przy użyciu aparatu Neurorapid Run Time EM 10/20 włoskiej firmy CA.MI.NA.srl. Schematyczny układ aparatury badawczej stosowanej do wykonywania rejestracji elektromiograficznych oraz pomiaru temperatury powierzchniowej i przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Zestaw aparatury użytej do rejestracji elektromiograficznych oraz do pomiaru temperatury powierzchniowej.

1 – rejestrujące elektrody powierzchniowe umieszczone na powierzchni skóry nad badanymi mięśniami ramienia i przedramienia, 2 – elektromiograf, 3 – komputer, 4 – głośnik podłączony do wzmacniacza elektromiografu, 5 – drukarka, 6 – elektroda uziemiająca, 7 – termometr kontaktowy



Rys. 3. Obraz mięśni przedramienia i ramienia

Rejestracje czynności mięśni w warunkach spoczynkowych oraz wysiłkowych wykonywano obustronnie z użyciem elektrod powierzchniowych przyklejonych na powierzchni skóry nad mięśniami prostującymi nadgarstek, mięśniami zginającymi nadgarstek, mięśniem zginaczem ramienia i mięśniem prostownikiem stawu łokciowego, które przedstawione są na rysunku 3.

Ocena rejestracji EMG przeprowadzona została na podstawie analizy amplitudy i częstotliwości zapisów wykonanych w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych oraz częstotliwości występowania potencjałów spontanicznych dla aktywności spoczynkowej mięśni.

### **3.2. Materiał badań oddziaływania odzieży na aktywność jednostek ruchowych mięśni**

W celu udowodnienia tezy pracy, badaniom poddano odzież wykonaną z tkanin o zróżnicowanym udziale włókien lnianych i poliestrowych. Wybrano te dwa rodzaje surowca, ponieważ len jest polskim rodzimym włóknem naturalnym, natomiast poliestr jest najczęściej stosowanym surowcem syntetycznym w odzieżownictwie. Mieszanka włókien syntetycznych z naturalnymi daje możliwość połączenia zalet włókien naturalnych zapewniających komfort użytkowy z zaletami włókien poliestrowych, takimi jak łatwość konserwacji, czy wytrzymałość mechaniczna. Tkaniny przeznaczone na odzież wytworzono z przędz lnianych, poliestrowych oraz z mieszanek obu typów włókien w następujących proporcjach: 75% włókno lniane 25% włókno poliestrowe; 50% włókno lniane 50% włókno poliestrowe; 25% włókno lniane 75% włókno poliestrowe. W ten sposób dobrane składy surowcowe tkanin o podobnej budowie dają możliwość wskazania optymalnego udziału włókien syntetycznych w mieszankach z włóknami naturalnymi pod względem pozytywnego oddziaływania na napięcie mięśni.

W celu przeprowadzenia badań wpływu odzieży na parametry elektromiograficzne mięśni, z wytworzonych wariantów tkanin uszyto odzież w postaci koszul męskich z długim rękawem oraz długich spodni. Konstrukcja odzieży była jednakowa dla każdego wariantu surowcowego użytych tkanin.

W celu sprawdzenia jaki wpływ na zapis EMG aktywności mięśni wywiera pole elektrostatyczne pochodzące od ładunków zgromadzonych na powierzchni odzieży, odzież wykonaną z włókien poliestrowych badano trzykrotnie.

1. Po typowym, procesie prania bez użycia środków zmiękczających i antyelektrostatycznych.
2. Przy zastosowaniu preparatów antyelektrostatycznych ogólnie dostępnych w handlu, które w sposób skuteczny redukują zdolność gromadzenia ładunków elektrostatycznych na powierzchni odzieży (potencjał pola elektrostatycznego w odległości 1 cm od powierzchni wynosił 0 V).
3. Po typowym dla eksperymentu sposobie prania bez użycia środków zmiękczających i antyelektrostatycznych ale przy dodatkowym generowaniu ła-

dunków elektrostatycznych na powierzchni odzieży. Ładunki generowane były poprzez 10-krotne pocieranie rękawami koszuli o część koszuli okrywającej tors.

Generowanie ładunków powtarzane było co godzinę. Wybrany sposób wzbudzenia ładunków odzwierciedla generowanie ładunków w rzeczywistych codziennych warunkach użytkowania odzieży.

Drugim czynnikiem pochodzącym od odzieży, mogącym powodować zmiany zapisu EMG mięśni jest zmiana temperatury skóry okrytej badaną odzieżą. W celu sprawdzenia wpływu tego zjawiska wprowadzono dodatkowy etap badań, w którym ochotnicy ubrani byli w odzież dwuwarstwową z włókien lnianych. Układ dwuwarstwowy gwarantował zwiększenie izolacyjności cieplnej odzieży, co miało spowodować podwyższenie temperatury skóry pod odzieżą. W celach porównawczych w eksperymencie wykorzystano również bardzo cienką tkaninę o symbolu 100% len, charakteryzującą się zdecydowanie niższą izolacyjnością cieplną w stosunku do zasadniczego materiału badawczego. Cienką tkaninę lnianą wprowadzono wyłącznie w celach porównawczych, ponieważ nie pochodziła ona z kontrolowanej produkcji tkanin przeznaczonych do badań.

### 3.2.1. Charakterystyka materiału badań

Tkaniny przeznaczone do wyprodukowania eksperymentalnej odzieży zaprojektowano w ten sposób, aby parametry ich budowy były na podobnym poziomie. Dzięki temu ograniczono wpływ poza surowcowych czynników oddziaływania odzieży na aktywność badanych mięśni. Jedynie tkanina oznaczona symbolem „len cienki” o niższej wartości izolacyjności cieplnej, charakteryzowała się odmiennymi parametrami struktury tkaniny. Podstawowe parametry budowy tkanin oraz wybrane właściwości zostały zestawione w tabeli 1.

Właściwości fizyczne tkanin wykonanych z włókien lnianych i poliestrowych oraz ich mieszanek składają się na zróżnicowany obraz właściwości higienicznych wyprodukowanej z tych tkanin odzieży. Tkaniny wykonane z włókien lnianych charakteryzują się najwyższą higroskopijnością zarówno w warunkach 65%, jak i 100% wilgotności względnej powietrza. Wraz ze wzrostem udziału włókien poliestrowych w mieszance z lnem, higroskopijność maleje, osiągając minimalną wartość w przypadku tkaniny poliestrowej. W podobny sposób zmieniają się właściwości związane ze zdolnością tkanin do wchłaniania wody. Czas, potrzebny do wchłonięcia kropli wody znajdującej się na powierzchni tkaniny poliestrowej, jest najdłuższy, ale dodatek zaledwie 25% włókien lnianych do mieszanki z włóknami PES w tkaninie, powoduje znaczne skrócenie czasu wchłaniania wody. Różnice w szybkości wchłaniania kropli wody przez tkaniny mieszkankowe oraz lniane, nie są już tak znaczne. Zdolność tkanin do wchłaniania wilgoci jest jednym z kluczowych parametrów komfortu. W warunkach umiarkowanego wysiłku fizycznego oraz umiarkowanych warunków klimatycznych, tkaniny naturalne o wysokiej zdolności sorpcji pochłaniają wyparowywaną z powierzchni skóry człowieka parę wodną odprowadzając ją na zewnątrz.

Tkaniny poliestrowe, o znacznie niższej zdolności do wchłaniania wody, nie mają możliwości zaabsorbowania wilgoci z powierzchni skóry; człowiek odczuwa zawilgocenie skóry, a tym samym dyskomfort. W przypadku intensywnego wysiłku fizycznego, ciało człowieka wyparowuje znacznie większą ilość potu i wówczas tkaniny o dobrych właściwościach sorpcyjnych stają się wilgotne powodując odczuwanie dyskomfortu.

Tabela 1

## Charakterystyka materiału badań

| Rodzaj surowca   | Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ] | Liczba nitek |       | Higroskopijność [%] w 65% wilgotn. wzgl. powietrza | Opór cieplny [Km <sup>2</sup> /W] x10 <sup>-3</sup> | Przepuszczalność powietrza [l/m <sup>2</sup> /s] | Rezystancja powierzchniowa [Ω] |
|------------------|---|--------------|-------|--|---|--|--------------------------------|
|                  |   | osnowy       | wątku |  |   |  |                                |
| 100%len          | 259,1                                   | 160          | 124   | 8,05   | 7,68  | 516,0  | 4,4 x10 <sup>8</sup>           |
| 100%len x 2      | -                                       | -            | -     | -  | 14,38   | 230,2  | 4,4 x10 <sup>8</sup>           |
| 100%len „cienki” | 127,4                                   | 187          | 179   | 7,10   | 6,2   | 695,7  | 2,2 x10 <sup>9</sup>           |
| 75%len 25%PES    | 286,2                                   | 159          | 128   | 6,21   | 7,66  | 352,9  | 8,5 x10 <sup>8</sup>           |
| 50%len 50%PES    | 285,6                                   | 158          | 126   | 3,90   | 8,5   | 302,3  | 1,16 x10 <sup>9</sup>          |
| 25%len 75%PES    | 307,7                                   | 158          | 129   | 2,16   | 9,92  | 256,6  | 1,6 x10 <sup>9</sup>           |
| 100% PES         | 329,8                                   | 161          | 128   | 0,27   | 9,04  | 266,6  | 2,2 x10 <sup>12</sup>          |

Wartość przepuszczalności powietrza badanych tkanin jest zdecydowanie najwyższa dla tkanin lnianych. Wraz ze wzrostem udziału włókien poliestrowych w mieszance z włóknami lnianymi, przepuszczalność powietrza badanych tkanin maleje. Wszystkie rodzaje badanych tkanin charakteryzują się oporem cieplnym, gwarantującym odczuwanie komfortu cieplnego przez osoby noszące wyprodukowaną z tych tkanin odzież w warunkach prowadzonego eksperymentu.

Analiza rezultatów badań właściwości elektrostatycznych tkanin lnianych, poliestrowych i wykonanych z mieszanek tych włókien pokazała, że tkaniny poliestrowe posiadają najwyższą zdolność gromadzenia ładunków elektrostatycznych na swojej powierzchni, ale wystarczy dwudziestopięcioprocentowy udział włókien lnianych w mieszance z włóknami poliestrowymi, aby zredukować w znaczny sposób zdolność do gromadzenia ładunków. Właściwości elektrostatyczne tkaniny o składzie surowcowym 75% włókien lnu 25% włókien poliestrowych są na podobnym poziomie, jak dla tkaniny lnianej.

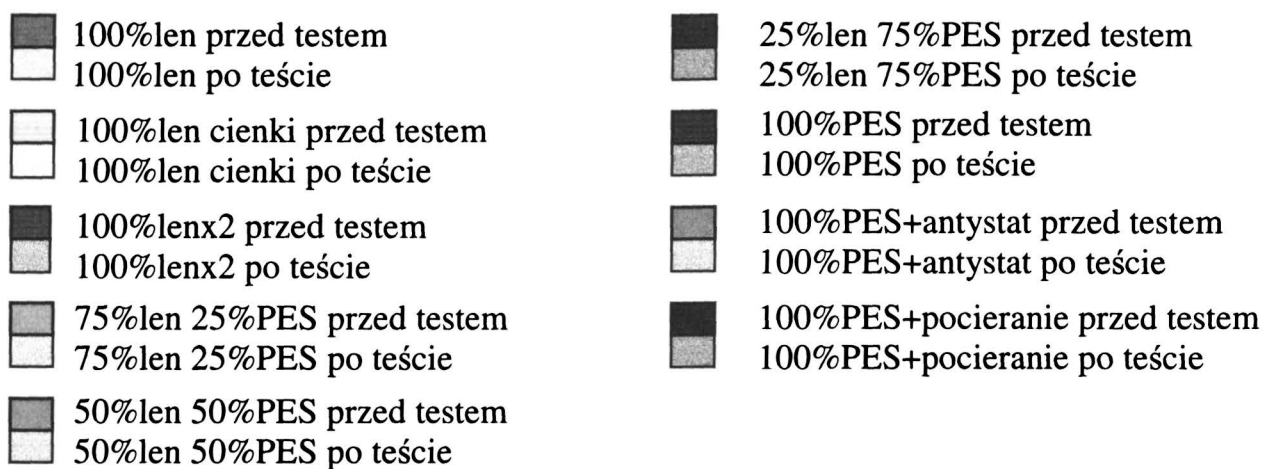
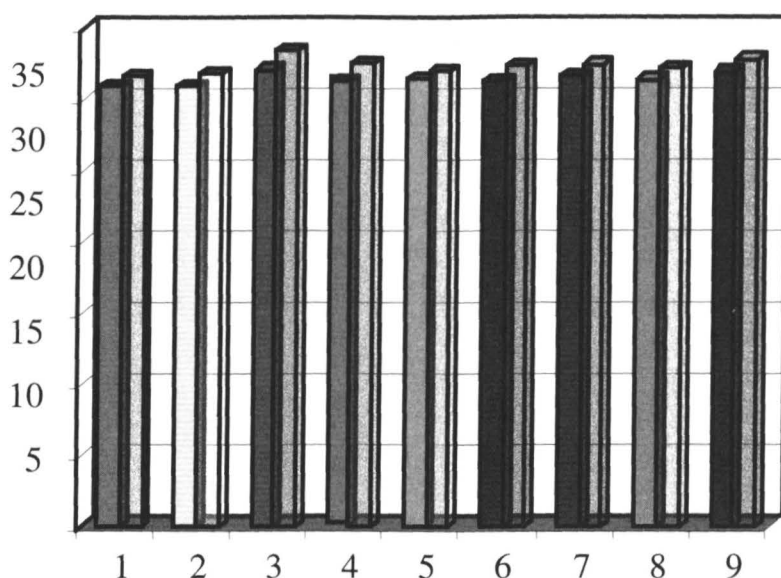
Analizując w sposób kompleksowy właściwości tkanin odpowiedzialne za tworzenie komfortu, można stwierdzić, iż w warunkach przeprowadzania eksperymentu, najwyższy poziom komfortu gwarantuje odzież wyprodukowana z włókien lnianych. Nie mniej jednak dwudziestopięcioprocentowy dodatek włókien poliestrowych w mieszance z włóknami lnianymi nie wpływa w sposób znaczny na pogorszenie odczuwania komfortu.

## **4. WYNIKI POMIARÓW OBRAZUJĄCE WPŁYW BADANEJ ODZIEŻY NA PARAMETRY FIZJOLOGICZNE CZŁOWIEKA**

### **4.1. Charakterystyka mikroklimatu skóra – odzież**

Wartości parametrów mikroklimatu w strefie skóra – odzież u ochotników przebywających w stałych warunkach prowadzenia obserwacji, wykazujących aktywność fizyczną, dla której wskaźnik metabolizmu utrzymywał się na poziomie ok.  $58,15 \text{ W/m}^2$  podczas pięciogodzinnego osłonięcia ciała badaną odzieżą, są ściśle związane z właściwościami tkanin, z których odzież została wytworzona.



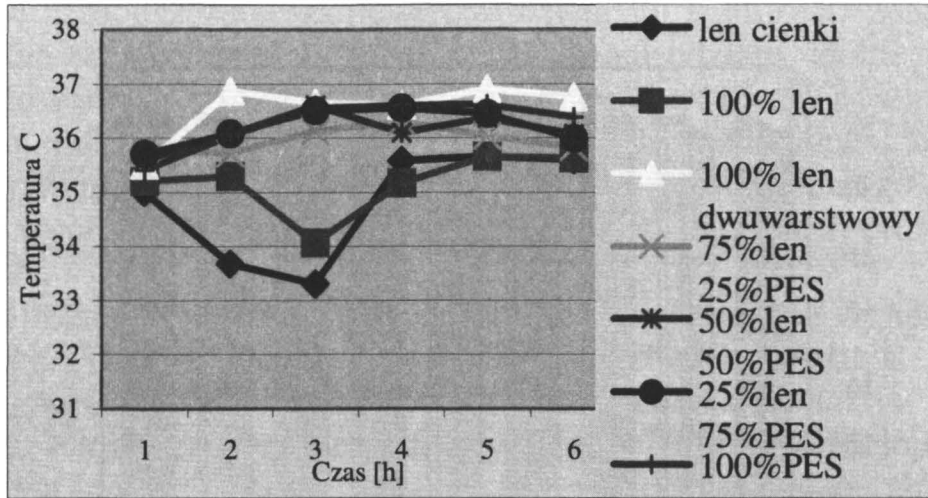


Rys. 4. Temperatura skóry przedramienia badana przed i po osłonięciu ciała badaną odzieżą

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów temperatury skóry przedramienia ochotników zauważono niewielki wzrost tego parametru po osłonięciu ciała odzieżą każdego typu. Nie mniej jednak, jak pokazuje rysunek 4, największą różnicę temperatury, badanej przed i po noszeniu testowanej odzieży, odnotowano w przypadku noszenia odzieży wykonanej z tkaniny o symbolu 100% len dwuwarstwowy.

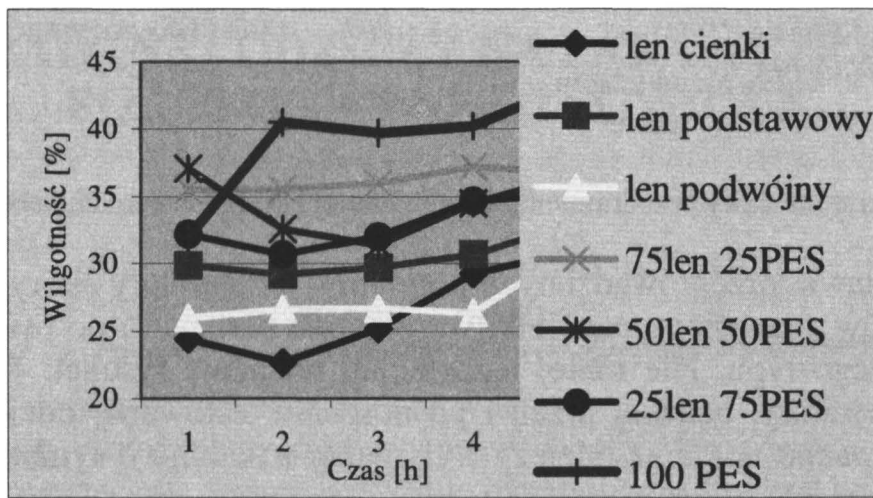
Zwiększenie izolacyjności cieplnej tkanin o symbolu 100% len dwuwarstwowy wpłynęło również na podniesienie temperatury powietrza w strefie przy-skrónej pod odzieżą, co zostało ilustrowane na rysunku 5.

Niemniej jednak nie spowodowało to dyskomfortu w trakcie użytkowania tej odzieży, ze względu na wysoką zdolność lnu do absorbowania wilgoci.



Rys. 5. Zmiany temperatura powietrza w strefie skóra – odzież mierzone na plecach ochotników w czasie pięciu godzin noszenia badanej odzieży

W przypadku osób noszących odzież wytworzoną z tkanin o symbolu 100% PES stwierdzono podwyższenie wilgotności powietrza w strefie skóra – odzież (rysunek 6). Świadczy to o wzmożeniu potliwości ciała. Wystąpienie tego zjawiska było uwarunkowane niskim poziomem zdolności tych tkanin do absorbowania wilgoci, a ta właśnie właściwość tkanin, wg badań Ha [1] istotnie wpływa na intensywność pocenia.

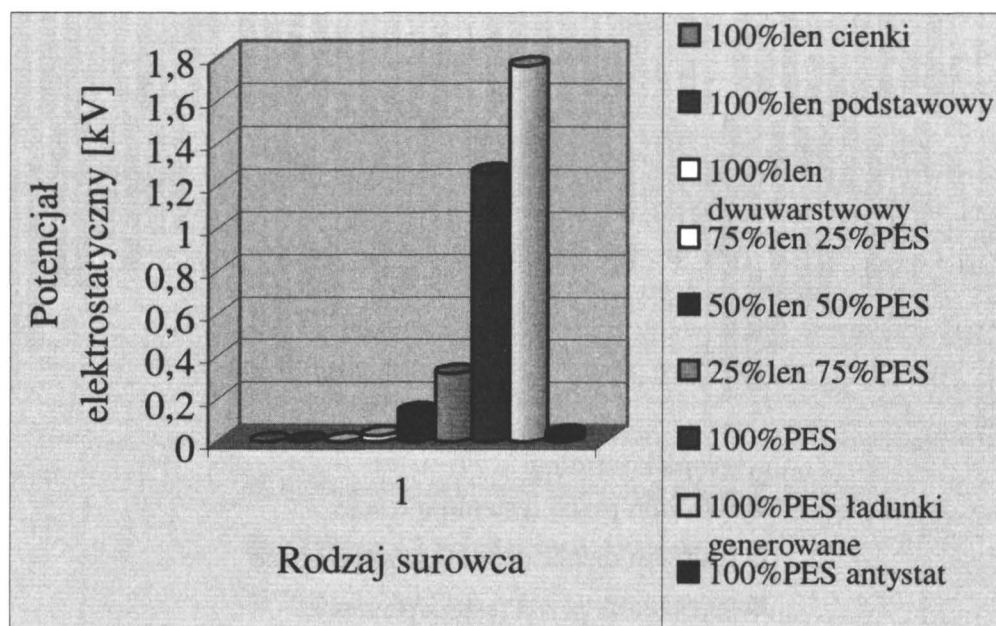


Rys. 6. Zmiany wilgotność powietrza w strefie skóra – odzież mierzone na plecach ochotników w czasie pięciu godzin noszenia testowanej odzieży

Z rejestracji wartości potencjału pola elektrostatycznego mierzonego bezpośrednio na odzieży podczas jej użytkowania wynika, iż osoby noszące odzież wykonaną z włókien poliestrowych narażone są na działanie ładunków elektrostatycznych zgromadzonych na jej powierzchni, a potencjał wytworzonego przez

te ładunki pola osiąga wartość ok. 2 kV (rys. 7). Dodatek 25% włókien lnu do włókien poliestrowych znacznie zmniejsza zdolność tkaniny do gromadzenia ładunków elektrostatycznych.

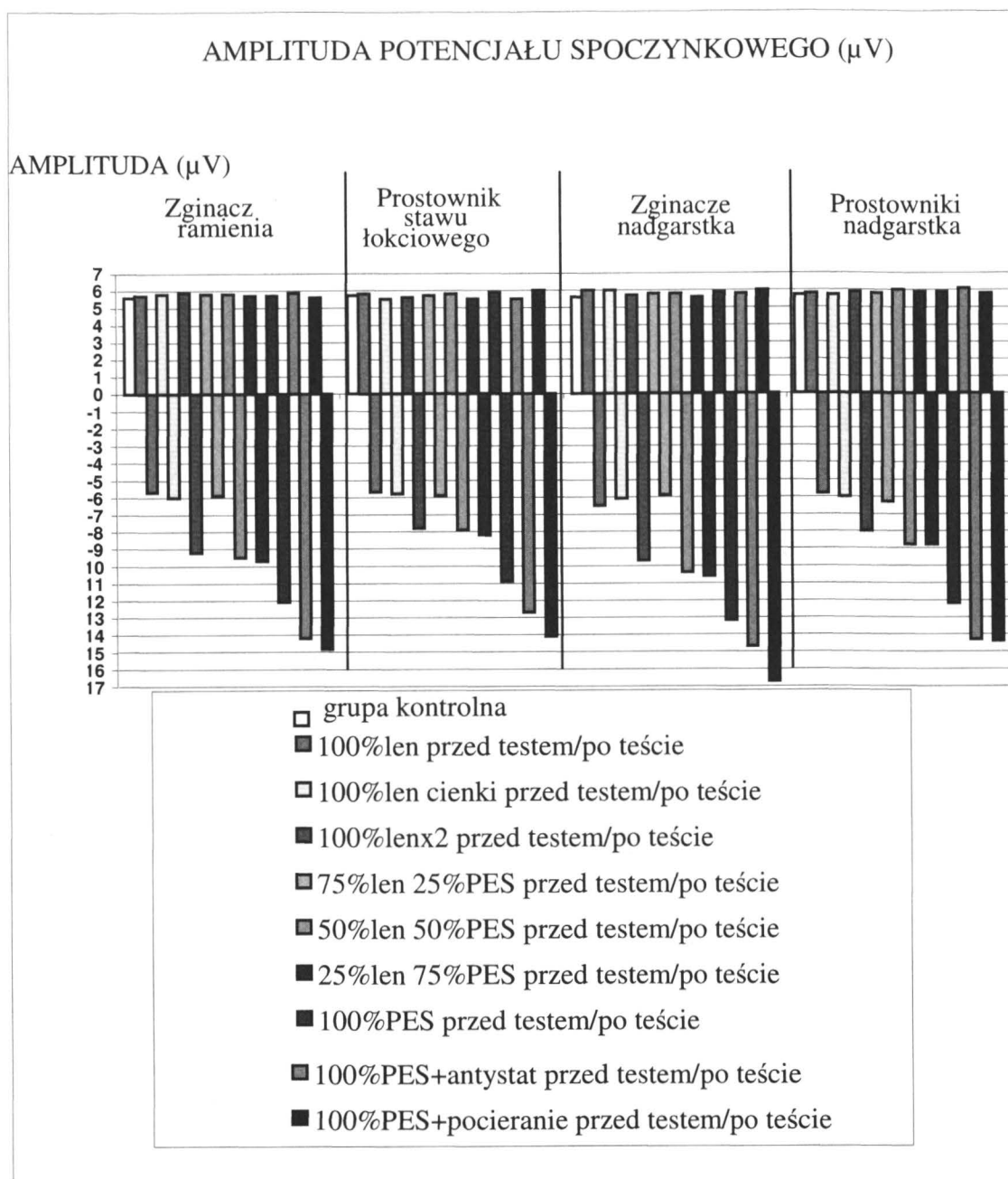
Naniesienie na tkaninę z włókien poliestrowych domowych środków anty-  
statycznych w sposób znaczny, ale nietrwały zmniejsza zdolność tych tkanin do gromadzenia ładunków.



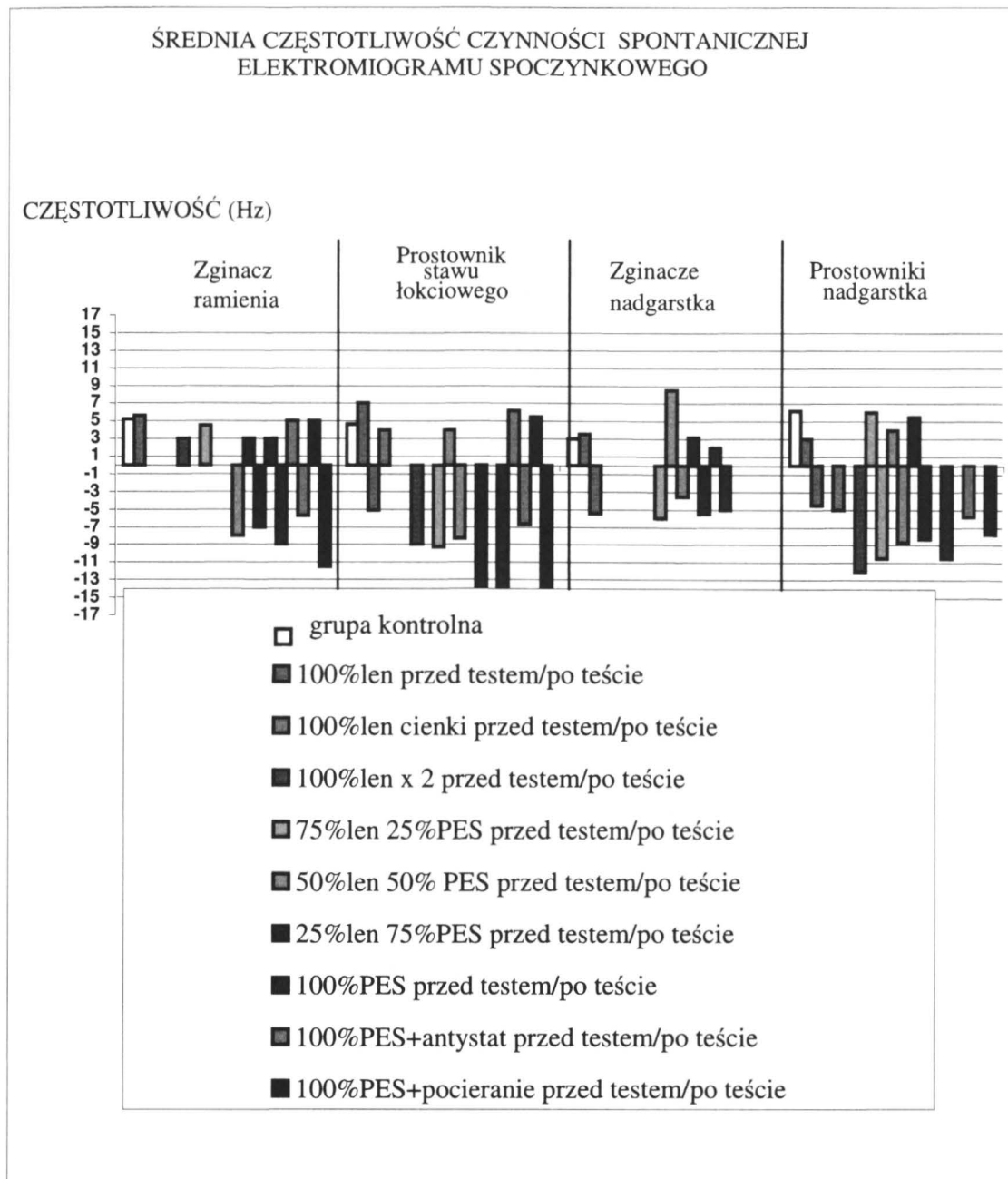
Rys. 7. Średnia wartość potencjału pola elektrostatycznego ładunku zgromadzonego na badanej odzieży mierzonego bezpośrednio na użytkownika. Średnia wartość określona została dla wszystkich pomiarów prowadzonych podczas eksperymentu

## 4.2. Wyniki badań elektromiograficznych

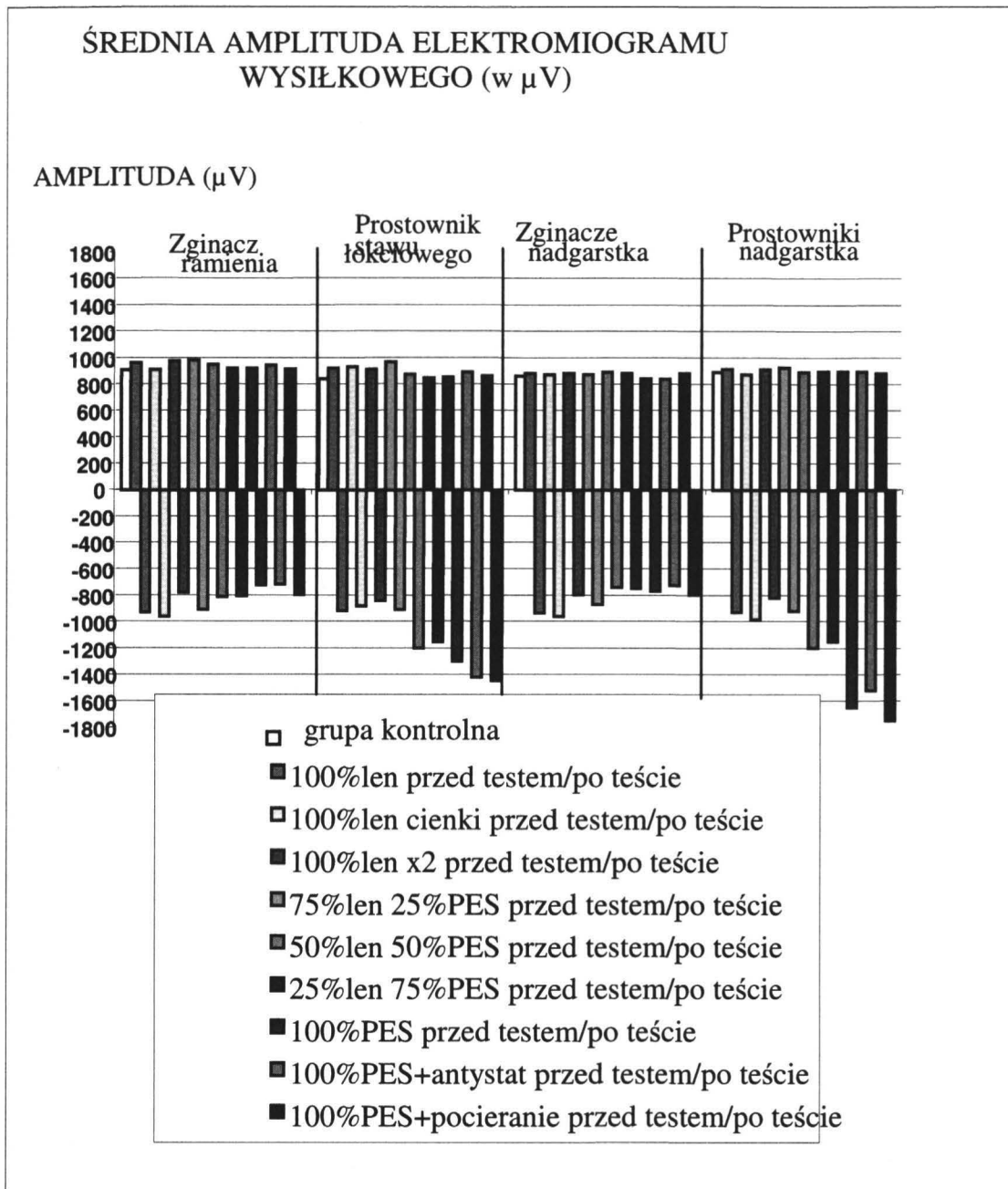
Rejestracje parametrów elektromiograficznych wybranych grup mięśniowych przedramienia ochotników przed i po pięciogodzinnym osłonięciu ciała badanymi zestawami odzieży ujawniły wyraźne różnice w aktywności jednostek ruchowych w zależności od rodzaju noszonej odzieży.



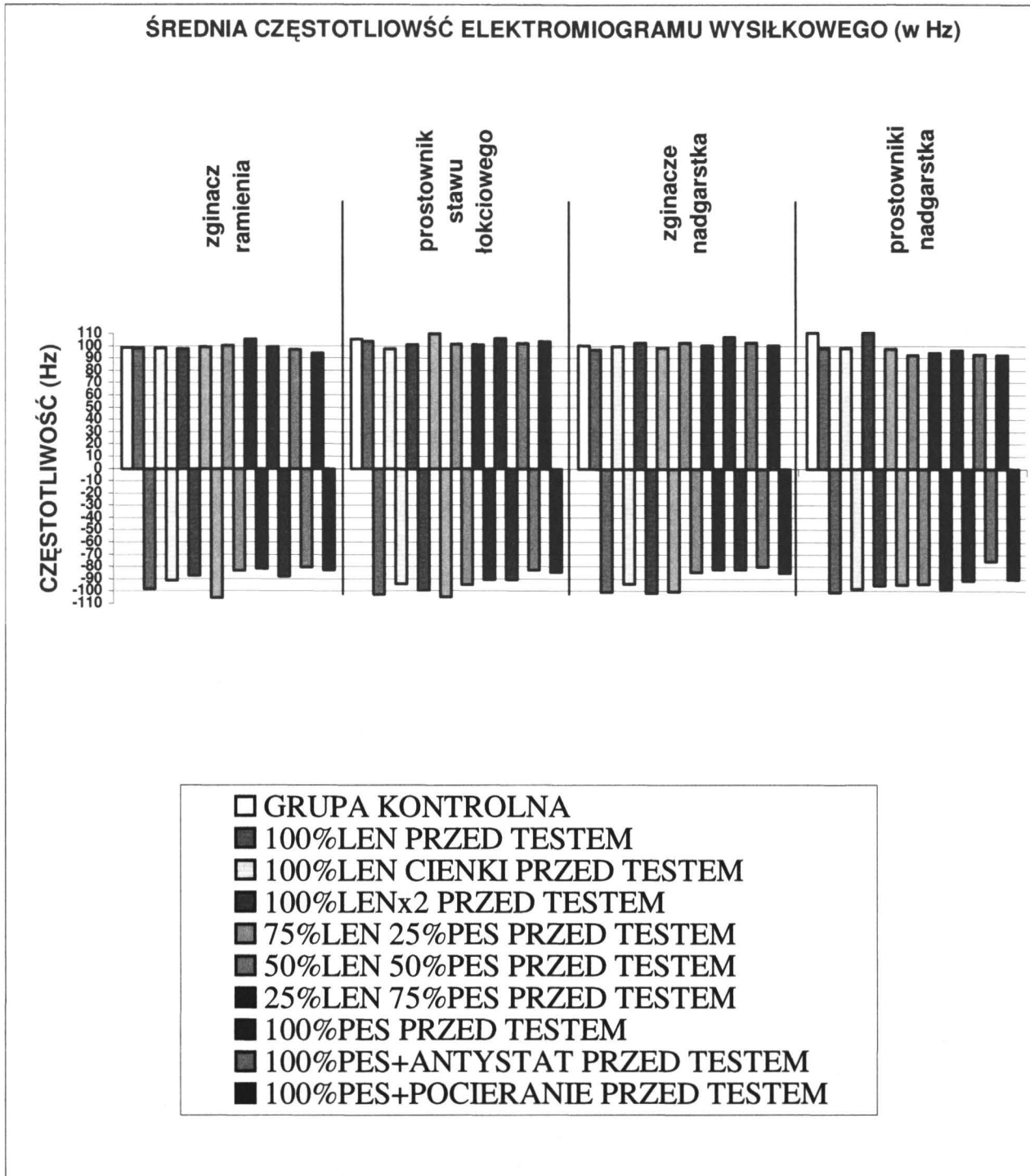
Rys. 8. Średnia amplituda potencjału spoczynkowego obserwowana w rejestracjach elektromiograficznych odprowadzanych z poszczególnych mięśni w badanych grupach ochotników przed (histogramy powyżej osi Y) i po (poniżej osi Y) osłonięciu kończyn górnych odzieżą wykonaną z różnych surowców oraz w grupie kontrolnej



Rys. 9. Średnia częstotliwość (w Hz) wzmożonej czynności spontanicznej w rejestracjach elektromiograficznych odprowadzanych z poszczególnych mięśni przy ich pełnej relaksacji w badanych grupach ochotników przed (histogramy powyżej osi Y) i po (poniżej osi Y) osłonięciu kończyn górnych badaną odzieżą oraz w grupie kontrolnej



Rys. 10. Średnia amplituda (w  $\mu\text{V}$ ) elektromiogramu w rejestracjach odprowadzanych z poszczególnych mięśni przy ich maksymalnym wysiłku w badanych grupach ochotników przed (histogramy powyżej osi Y) i po (poniżej osi Y) osłonięciu kończyn górnych badaną odzieżą oraz w grupie kontrolnej



Rys. 11. Średnia częstotliwość (w Hz) elektromiogramu w rejestracjach odprowadzanych z poszczególnych mięśni przy ich maksymalnym wysiłku w badanych grupach ochotników przed (histogramy powyżej osi Y) i po (poniżej osi) osłonięciu kończyn górnych badaną odzieżą oraz w grupie kontrolnej

W pracy dokonano porównań wartości parametrów elektromiogramów uzyskanych w badaniach grup ochotników z użyciem metod statystycznych dla zmiennych powiązanych i niezależnych. Dla prowadzonej analizy statystycznej przyjęto jeden poziom istotności  $\alpha$  równy 0,05.

Analizując amplitudę rejestracji EMG aktywności jednostek ruchowych w warunkach spoczynkowych pokazaną na rysunku 8 oraz występowanie potencjałów spontanicznych przedstawionych na rysunku 9, w zapisach wykonanych podczas badania odzieży o symbolu 100% len dwuwarstwowy, odnotowano statystycznie istotne różnice między wartościami średnimi tych parametrów w zapisach wykonanych przed i po osłonięciu ciała tą odzieżą. Oznacza to, iż wzrost temperatury skóry spowodowany użytkowaniem odzieży o zwiększonej izolacyjności cieplnej, spowodował zmiany amplitudy zapisu EMG. Zmiany te jednak nie mają charakteru desynchronizacji jednostek ruchowych mięśni. Osłonięcie ciała odzieżą lnianą o podwojonej grubości spowodowało wzrost temperatury skóry użytkownika, nie zarejestrowano natomiast wzrostu potliwości u badanych osób, ponieważ len charakteryzuje się wysoką zdolnością absorpcji wilgoci, a ta właściwość odzieży ma kluczowe znaczenie w zmianach intensywności pocenia.

Analizując parametry elektromiogramów globalnych wykonanych spod powierzchni mięśni w warunkach spoczynkowych można stwierdzić, iż obecność ładunków na powierzchni odzieży z tkaniny o symbolu 100% PES spowodowała istotny wzrost wartości częstotliwości aktywności jednostek ruchowych mięśni prostowników stawu łokciowego, prostowników nadgarstka oraz zginaczy przedramienia, co można zaobserwować na rysunku 9. Należy jednak dodać, iż rejestracje spontaniczne z grupy mięśni zginaczy nadgarstka były rzadko obserwowane. W przypadku badania odzieży poliestrowej, którą poddano działaniu środka antystatycznego, w wyniku czego potencjał pola elektrostatycznego w odległości 15 mm od jej powierzchni wynosił 0 V, nie zarejestrowano znaczących zmian częstotliwości zapisu EMG u ochotników używających odzież. Na tej podstawie można stwierdzić, iż pole elektrostatyczne powstałe na skutek zgromadzenia ładunków elektrostatycznych na powierzchni odzieży poliestrowej zarówno po typowym procesie prania bez użycia środków antystatycznych jak i powstałych na skutek dodatkowego generowania ładunków poprzez tarcie, jest przyczyną wzrostu częstotliwości potencjałów elektromiogramu spoczynkowego odprowadzanego z mięśni przedramienia i ramienia.

Pozostałe wartości parametrów elektromiograficznych zapisów EMG odprowadzanych z badanych grup mięśniowych w warunkach spoczynkowych i wysiłkowych, po osłonięciu ciała odzieżą z tkaniny poliestrowej kształtują się na podobnym poziomie bez względu na wielkość zgromadzonych na powierzchni ładunków elektrostatycznych. Jednakże różnią się one w sposób istotny statystycznie od wartości tych parametrów rejestrowanych przed noszeniem odzieży.

Badania odzieży z tkaniny poliestrowej wszystkich rodzajów, bez względu na wielkość zgromadzonego ładunku elektrostatycznego pokazały, że amplituda potencjału spoczynkowego zapisu EMG badanych grup mięśniowych po osłonięciu ciała, jest znacznie wyższa w porównaniu z zapisem wykonanym przed noszeniem odzieży, co widoczne jest na rysunku 8. Podobne obserwacje poczyniono w przypadku amplitudy i częstotliwości elektromiogramów wysiłkowych (rys. 10, 11). Amplituda elektromiogramów wysiłkowych (rys. 10) odprowadza-



nych z mięśni prostowników stawu łokciowego oraz prostowników nadgarstka wzrosła w wyniku noszenia odzieży poliestrowej, a zmiany te są istotne z punktu widzenia statystycznego. Natomiast częstotliwość elektromiogramów wysiłkowych uległa zmniejszeniu (rys. 11). Zmiany parametrów elektromiograficznych wywołane oddziaływaniem odzieży poliestrowej różnią się istotnie od zmian tych parametrów spowodowanych wpływem odzieży lnianej zarówno w warunkach spoczynkowych, jak i w warunkach wysiłkowych.

W celu znalezienia przyczyn zmian w zapisach elektromiograficznych aktywności mięśni, występujących na skutek osłonięcia ciała odzieżą wykonaną z tkanin poliestrowych, przeanalizowano parametry mikroklimatu w strefie skóra – odzież. Rezultaty badań mikroklimatu wytworzonego przez odzież w warunkach prowadzenia obserwacji pokazały, iż największy wzrost wilgotności w strefie przyskrónej zaobserwowano pod odzieżą wykonaną z tkaniny o symbolu 100% PES, co świadczy o wystąpieniu zjawiska wzmożonej potliwości podczas użytkowania tej odzieży. Zwiększona wilgotność skóry, a co za tym idzie zwiększona potliwość użytkowników odzieży wykonanej z tkaniny o symbolu 100% PES jest jedynym parametrem mikroklimatu wyróżniającym tę odzież spośród pozostałych typów.

W związku z powyższym należy przyjąć, iż to właśnie wzmożona potliwość skóry spowodowana oddziaływaniem odzieży z tkanin poliestrowych na użytkownika jest najbardziej prawdopodobną przyczyną większości zmian w rejestracjach elektromiograficznych aktywności jednostek ruchowych badanych mięśni. Pocenie występuje jako reakcja organizmu na określone warunki wzrostu temperatury wewnętrznej, czyli tzw. efekt metaboliczny. Następuje wówczas pobudzenie gruczołów potowych w ramach systemu termoregulacji. Jest bardzo prawdopodobne, iż mechanizm uruchamiający system termoregulacji poprzez uaktywnienie gruczołów potowych może również powodować wzmożenie aktywności jednostek ruchowych mięśni. Nie ma jednak ściśle sprecyzowanych doniesień literaturowych z dziedziny elektromiografii na ten temat.

Jednym z możliwych wyjaśnień zaobserwowanych zmian w zapisach EMG mięśni po osłonięciu ciała badaną odzieżą wykonaną z tkanin o symbolu 100% PES jest wystąpienie zjawiska desynchronizacji jednostek ruchowych. O desynchronizacji czynności jednostek ruchowych w mięśniu możemy mówić wtedy, kiedy obserwowane są fluktuacje dwóch parametrów elektromiogramu: częstotliwości i amplitudy [2]. Należy jednakże zwrócić uwagę, iż wszystkie zapisy EMG zarejestrowane w ramach niniejszej pracy nie odbiegały parametrami od wartości obserwowanych u zdrowego człowieka, a do całkowitego novum pracy z zakresu elektromiografii można zaliczyć występowanie podwyższonej czynności spontanicznej rejestrowanej w warunkach spoczynkowych mięśnia.

Stwierdzone w badaniach zmiany aktywności jednostek ruchowych mięśni, spowodowane oddziaływaniem odzieży wykonanej z tkaniny poliestrowej mogą być przyczyną tendencji do ich uogólnionego zmęczenia.

Analizując rezultaty badań odzieży wykonanej z tkanin o symbolach 50%len 50%PES oraz 25%len75%PES, zaobserwowano istotny wzrost wartości

średnich amplitud w elektromiogramach wysiłkowych (rys. 10) odprowadzanych z mięśni prostowników stawu łokciowego oraz mięśni prostujących nadgarstek. W przypadku pozostałych parametrów elektromiograficznych mięśni badanych zarówno w warunkach spoczynkowych jak i wysiłkowych, stwierdzono również istnienie zmian w zapisach EMG, ale zmiany te nie są duże. Zmiany parametrów elektromiograficznych mięśni wywołane przez odzież wykonaną z tkanin o symbolach 50%len 50%PES oraz 25%len75%PES różnią się istotnie od zmian wywołanych oddziaływaniem odzieży lnianej, jednakże są znacznie mniejsze od zmian wywołanych oddziaływaniem odzieży poliestrowej. Na tym etapie badań trudno jest dokładnie określić przyczynę zmian parametrów EMG wywołaną oddziaływaniem odzieży wytworzonej z tkanin o symbolach 50%len 50%PES oraz 25%len75%PES. Najprawdopodobniej jest to spowodowane zespołem czynników związanych z właściwościami tkanin, powodujących ogólne pogorszenie komfortu. Wynika z tego wniosek, że obu omawianych grup surowcowych nie można zaliczyć do tych, które użyte do wytworzenia odzieży, będą miały neutralny wpływ na aktywność jednostek ruchowych mięśni użytkowników.

Przeprowadzone badania potwierdziły, iż odzież wykonana z tkanin lnianych o symbolach 100% len i len cienki, 75% len 25% PES, okrywająca ciało użytkownika, jest przyczyną niewielkich zmian parametrów elektromiograficznych mięśni, zarówno w warunkach spoczynkowych, jak i wysiłkowych. W wyniku przeprowadzonego testu Wilcozona przeznaczonego dla zmiennych powiązanych wykazano, że różnice te są istotne przy prawdopodobieństwie popełnienia błędu równym 5%. Nie mniej jednak, w analizie parametrów EMG przeprowadzanej na podstawie elektromiogramów globalnych można zauważyć, że są one znacznie mniejsze niż różnice w wartościach średnich tych samych parametrów rejestrowanych przed i po noszeniu pozostałych typów odzieży. Wykazane za pomocą testu Wilcozona różnice w zapisach aktywności jednostek ruchowych wywołane oddziaływaniem odzieży lnianej oraz odzieży o symbolu 75%len 25%PES są najprawdopodobniej spowodowane wzrostem temperatury skóry pod odzieżą. Wzrost temperatury skóry przedramienia, wprawdzie w różnym stopniu, ale obserwowany był po okryciu ciała odzieżą wykonaną z każdego rodzaju surowca.

Zastosowanie testu Kruskala Wallisa oraz testu Dunna do dalszej analizy statystycznej parametrów EMG wykazało różnice w oddziaływaniu odzieży o różnych składach surowcowych na aktywność jednostek ruchowych, pozwalając na umniejszenie wagi wyników testu Wilcozona, nadając im wręcz marginalne znaczenie.

Rozpatrując składy surowcowe badanej odzieży, należy przypomnieć, iż udział włókien poliestrowych w mieszance z włóknami lnianymi w tkaninach, z których została wytworzona odzież przeznaczona do badań, zmieniła się o 25%. W związku z powyższym, odzież wytworzona z tkanin o udziale włókien poliestrowych mniejszym niż 50%, a większym niż 25% w mieszance z włóknami lnianymi, nie była przedmiotem badań w ramach niniejszej pracy. Dlatego, na

podstawie przeprowadzonych badań należy uznać, iż oddziaływanie odzieży na aktywność mięśni użytkownika można określić jako neutralne, gdy jest ona wykonana z mieszanki włókien lnianych i poliestrowych, przy maksymalnym udziale włókien poliestrowych na poziomie 25% PES.

## 5. WNIOSKI

1. Wyniki testu Wilcoxon'a wskazują iż osłonięcie ciała odzieżą jest przyczyną zmian w mięśniach użytkownika stwierdzoną metodą elektromiograficzną.
2. Odzież wytworzona z tkanin o symbolach 100% len i len cienki oraz 75% len 25%PES jest w minimalnym stopniu przyczyną zmian parametrów elektromiograficznych mięśni osób użytkujących tę odzież. Te nieznaczne zmiany spowodowane są naturalnym wzrostem temperatury skóry człowieka, który ma miejsce na skutek okrycia ciała odzieżą i nie mają one charakteru desynchronizacji.
3. Podwyższenie temperatury skóry okrytej odzieżą lnianą dwuwarstwową w zakresie obserwowanym w prowadzonych badaniach, jest przyczyną zmian w amplitudzie odprowadzanych rejestracji EMG zarówno w warunkach spoczynkowych, jak i wysiłkowych. Nie mają jednak one charakteru desynchronizacji jednostek ruchowych.
4. Odzież wytworzona z tkanin poliestrowych jest wyraźną przyczyną zmian parametrów elektromiograficznych mięśni u osób po pięciogodzinnym osłonięciu ciała tą odzieżą, które świadczą o wystąpieniu zjawiska desynchronizacji jednostek ruchowych.
5. Obecność ładunków elektrostatycznych na powierzchni odzieży wykonanej z tkanin poliestrowych jest przyczyną podwyższenia średniej wartości częstotliwości potencjałów czynnościowych jednostek ruchowych w warunkach spoczynkowych.
6. Zjawisko wzmożonej potliwości osób występujące pod wpływem użytkowania odzieży wykonanej z tkanin poliestrowych, jest przyczyną zmian w aktywności jednostek ruchowych w zakresie amplitudy EMG w warunkach spoczynkowych oraz amplitudy i częstotliwości w warunkach wysiłkowych.
7. Progowa wartość udziału włókien poliestrowych w mieszance z włóknami lnianymi wynosi 25%. Odzież wytworzona z tkanin o tym składzie surowcowym nie jest przyczyną desynchronizacji jednostek ruchowych zdrowych mięśni, a jednocześnie zapewnia użytkownikowi optymalny komfort.

## LITERATURA

- [1] **Ha M., Tokura H., Tanaka Y., Ingvar Holmer:** 1996, Effect of Two Kind of Underwear on Thermophysiological Responses and Clothing Microclimate during 30 Min Walking and 60 Min Recovery in the Cold, *Applied Human Science Journal of Physiological Anthropology*, 15: 33 – 39.
- [2] **Stalberg E., Nandekar S.D., Sanders D.B., Falck B.:** 1996, Quantitative Motor Unit Potential Analysis, *J. Clin. Neurophysiol.*, 13, 5, 401-422

## Summary

The aim of the doctoral research was to prove the hypothesis claiming that **clothing made of different raw materials, due to their different ability to effect sweating intensity, skin temperature and collecting electrostatic charges on the clothing surface, to various extent influences myographic parameters of user's muscles.** During the study the fabric properties responsible for creating comfort and microclimate parameters in the skin-clothing sphere were analyzed. It was assumed that hygienic and electrostatic parameters, by creating specific microclimate, in certain ambient conditions and physical activity of the user's can affect the electromyographic records of muscle moving units. These fabric properties depend on numerous factors, such as: raw material composition, fibre properties, type of yarn used in production and fabric structure. In order to reduce the number of variables, the study focused only on the influence of raw material composition on muscle tension, where tests were done on similar parameters of yarn, fabric and clothing for all types of tested raw materials.

The verification of the hypothesis required testing clothes both for fabric properties and electromyographic testing of selected volunteers in the conditions of wearing the clothing. The clothes were made of two basic kinds of raw material: flax and polyester fibres as well as their blends – in ratio 75% flax/25% polyester fibre, 50% flax/50% polyester fibre and 25% flax/75% polyester fibre. For selected research material methodology was chosen to study the effect of clothing on electromyographic parameters of muscles.

The records were taken from muscles of upper limbs of the same group of subjects before and after 5-hour-covering the bodies with the tested clothing.

In the study values of electromyographic records were compared according to statistical methods used for dependent and independent variables.

As a result of the tests the phenomenon of influence of clothing made of specific raw material on myographic parameters of muscles was identified. Drawing from the results, the following conclusions can be made:

1. Clothing made of linen fabrics cause change in electromyographic parameters of users' muscles to minimal extent. The slight changes that occur result from natural increase of human skin temperature, what happens

during covering the body with clothes. The changes do not have desynchronizing character.

2. Clothing made of polyester fabrics is a clear cause of changes in myographic records of muscles in the subjects after 5-hour-covering the bodies with the tested clothing, what proves existence of desynchronization of muscle units.
3. Threshold value of polyester share in the blend with linen fibres is 25%. Clothing of such composition of raw materials does not cause desynchronization of healthy muscle units and at the same time provides optimal comfort for the user.

The results of the study demonstrated that the hypothesis is justified.