

EMILIA IRZMAŃSKA

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (2009)

Pracownik Instytutu Włókiennictwa w Łodzi 1998-2009

Doktorantka w latach 1998-2002

w Katedrze Fizyki Włókna i Metrologii Włókienniczej

Politechniki Łódzkiej

TEKSTYLIA O DZIAŁANIU PROFILAKTYCZNYM W ODNIESIENIU DO USZKODZEŃ SKÓR

Promotor: **prof. dr hab. Barbara Lipp-Symonowicz**

Recenzenci: **prof. dr hab. n. t. Izabella Krucińska**

prof. dr hab. n. med. Lucjan Pawlicki

W pracy badano zastosowanie zaprojektowanych i wytworzonych tkanin, charakteryzujących się specyficznym rozmieszczeniem w ich strukturze włókien o charakterze hydrofobowym i hydrofilowym oraz zróżnicowanym ich kontaktem ze skórą użytkownika (ze względu na stopień rozbudowania powierzchni tkanin). Wymienione tkaniny zostały zastosowane jako prześcieradła do użytkowania w warunkach szpitalnych przez osoby przewlekle unieruchomione, zagrożone powstaniem odleżynowych uszkodzeń skóry. Efekt ich profilaktycznego oddziaływania, w odniesieniu do odleżynowych uszkodzeń skóry, przeanalizowano w aspekcie etiologii powstawania odleżyn, skupiając się na tzw. czynnikach zewnętrznych oraz wewnętrznych. W zakresie oddziaływań zewnętrznych badano wpływ zastosowanych tkanin prześcieradłowych, na eksponowany w zakresie tych oddziaływań, transport strumienia ciepła i wilgoci od ciała pacjenta na zewnątrz – w układzie modelowym. W zakresie uwarunkowań wewnętrznych, badano zaburzenia przepływu krwi w obszarach ciała pacjenta najbardziej narażonych na powstawanie odleżynowych uszkodzeń skóry, stosując metodę pletyzmografii impedancyjnej.

1. WPROWADZENIE

Powszechnie wiadomo, że odleżynowe uszkodzenia skóry są częstym problemem pielęgnacyjnym, z jakim spotykają się osoby sprawujące opiekę nad chorymi przewlekle unieruchomionymi. Ważnym czynnikiem zewnętrznym, który inicjuje ich powstawanie, często pomijanym w rozważaniach dotyczących

etiologii odleżyn, są wahania średniej temperatury i wilgotności skóry – związane z zaburzeniami procesów termoregulacji organizmu w warunkach długotrwałej bezczynności ruchowej, a także właściwościami podłoża przeciwoleżynowego. W przypadku stanu bezczynności ruchowej skuteczność dystrybucji ciepła w procesach termoregulacji uwarunkowana jest nie tylko przez tempo wydzielania potu i warunki zewnętrzne, lecz również przez sprawność funkcjonowania układu krążenia, od której zależy transport ciepła z mięśni do skóry. Wspomniana etiologia odleżynowych uszkodzeń skóry powiązana dodatkowo z uciskiem z zewnątrz, determinuje założenia w projektowaniu specyficznego podłoża, na którym leży chory długotrwanie unieruchomiony. Jednym z jego elementów jest tkanina prześcieradłowa. Właściwości tkaniny prześcieradłowej – warstwy ścisłego kontaktu ze skórą – związane z rodzajem użytych włókien, ich przestrzennym rozkładem w strukturze tkaniny oraz charakterem kontaktu z ciałem chorego (punktowy, ciągły), mają istotne znaczenie w profilaktyce odleżynowych uszkodzeń skóry. Zastosowanie włókien o zróżnicowanej zdolności do sorpcji wody – hydrofilowych różniących się fizyczną mikrostrukturą i trwałością mechaniczną oraz hydrofobowych o różnej budowie tworzywa i zróżnicowanej sprężystości w zablokowanym układzie warstwowym, wiąże się ze zróżnicowaną dystrybucją ciepła i wilgoci w zaburzonych procesach termoregulacyjnych i ich wpływem na powierzchniowe przepływy krwi w obszarach, obarczonych ryzykiem wystąpienia zmian odleżynowych.

Badania miały dowiedzieć, że zaprojektowane struktury tkanin, modyfikując mikroklimat przy skórze osoby długotrwanie unieruchomionej oraz ucisk tkanek skóry, przy punktowym kontakcie tkaniny ze skórą użytkownika, sprzyjać będą usprawnieniu lokalnego przepływu krwi w miejscu wysokiego ryzyka powstawania odleżynowych uszkodzeń skóry.

2. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU BADAWCZEGO

Jako materiał badawczy przyjęto w pracy dwa rodzaje tkanin różniących się w sposób zasadniczy pod względem konstrukcji:

- tkaninę o splocie atlasowym, co wynikało z założenia – ciągłego kontaktu warstwy z włókien hydrofobowych z ciałem pacjenta,
- tkaninę gofrowaną w procesie tkania, co wynikało z założenia – punktowego kontaktu warstwy z włókien hydrofobowych z ciałem pacjenta.

W ujęciu szczegółowym charakterystyka budowy tkanin była następująca:

- jako włókna hydrofilowe zastosowano włókna bawełny oraz sztuczne włókna celulozowe typu lyocell,
- jako włókna hydrofobowe zastosowano włókna polipropylenowe oraz włókna poliestrowe,

z których wytworzono:

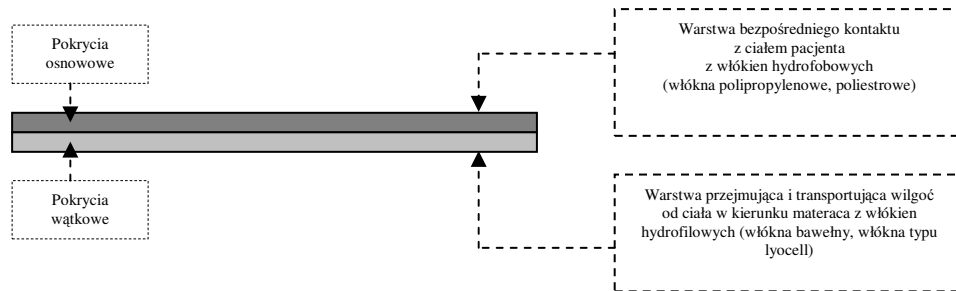
- przędzę bezwrzecionową z włókien bawełny oraz włókien typu lyocell,
- przędzę skręcaną z włókien polipropylenowych,
- przędzę teksturowaną z włókien poliestrowych.

Zgodnie z przyjętym założeniem, dotyczącym zróżnicowania kontaktu prześcieradła ze skórą użytkownika, z przędz wytworzono tkaniny:

- o splocie zasadniczym atlasowym osnowowym 4/1 o skoku (3),
- tkaninę gofrowaną w procesie tkania z reliefem o wklęsłościach i wypukłościach na powierzchni o splocie płóciennym 1/1.

Odnosnie usytuowania tkaniny względem ciała użytkownika, przyjęto, że:

- warstwa kontaktująca się bezpośrednio z ciałem zapewniająca uczucie ciepła i suchości (dyfuzyjno-konwekcyjna), jest utworzona z włókien hydrofobowych (występujących w pokryciach osnowowych – nitki osnowy gofrującej) lub w pokryciach osnowowych w przypadku tkaniny o splocie atlasowym (rys.1),
- warstwa zewnętrzna przedstawionego rozkładu włókien w strukturze tkaniny (sorpcyjna) utworzona jest z włókien hydrofilowych, znajdujących się w pokryciach osnowowych – nitki osnowy zasadniczej (w przypadku konstrukcji tkaniny gofrowanej), lub w pokryciach wątkowych (w przypadku tkaniny o splocie atlasowym) (rys. 2).



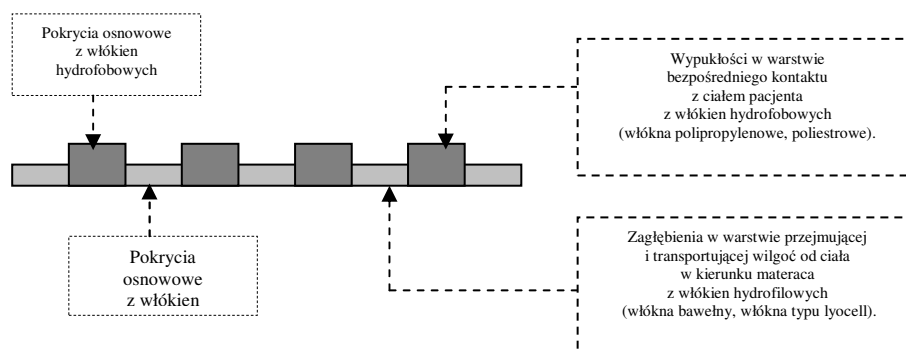
Rys. 1. Struktura tkaniny o splocie atlasowym utworzona z włókien hydrofilowych oraz hydrofobowych w ujęciu modelowym

Tkaniny zaprojektowano i wykonano w Technologicznym Laboratorium Doświadczalnym Instytutu Architektury Tekstyliów w Łodzi (obecnie Instytut Włókiennictwa w Łodzi). Dla zaprojektowanych tkanin opracowano przebieg procesów technologicznych (snucie i klejenie osnów, proces tkania oraz wykończenia), co przedstawiono w załączniku do pracy doktorskiej [1].

Tabela 1

Charakterystyka zaprojektowanych wariantów tkanin

Symbol tkaniny	Rodzaj splotu tkaniny	Rodzaj surowca w przędzy osnowowej		Rodzaj surowca w przędzy wątkowej
1W	Atlasowy 4/1(3)	Poliester (PES)		Bawełna (BAW)
2W	Atlasowy 4/1(3)	Polipropylen (PP)		Bawełna (BAW)
3W	Atlasowy 4/1(3)	Bawełna (BAW)		Bawełna (BAW)
4W	Atlasowy 4/1(3)	Poliester (PES)		Lyocell (CLY)
5W	Atlasowy 4/1(3)	Polipropylen (PP)		Lyocell (CLY)
6W	Atlasowy 4/1(3)	Lyocell (CLY)		Lyocell (CLY)
Symbol tkaniny	Rodzaj splotu tkaniny	Rodzaj surowca w przędzy osnowowej		Rodzaj surowca w przędzy wątkowej
	Wrobienie nitki w osnowie gofrującej	I	II	
7W	Płócienny 1/1	Lyocell (CLY)	Poliester (PES)	Lyocell (CLY)
	42 [%]			
8W	Płócienny 1/1	Lyocell (CLY)	Polipropylen (PP)	Lyocell (CLY)
	42%			
9W	Płócienny 1/1	Bawełna (BAW)	Poliester (PES)	Bawełna (BAW)
	42%			
10W	Płócienny 1/1	Bawełna (BAW)	Polipropylen (PP)	Bawełna (BAW)
	42%			
7Wm	Płócienny 1/1	Lyocell (CLY)	Poliester (PES)	Lyocell (CLY)
	14%			
8Wm	Płócienny 1/1	Lyocell (CLY)	Polipropylen (PP)	Lyocell (CLY)
	14%			
9Wm	Płócienny 1/1	Bawełna (BAW)	Poliester (PES)	Bawełna (BAW)
	14%			
10Wm	Płócienny 1/1	Bawełna (BAW)	Polipropylen (PP)	Bawełna (BAW)
	14%			



Rys. 2. Struktura tkaniny gofrowanej w procesie tkania utworzona z włókien hydrofilowych oraz hydrofobowych w ujęciu modelowym

3. METODY BADAWCZE

Dla wszystkich zaprojektowanych wariantów tkanin o splocie atlasowym, gofrowanych w procesie tkania oraz, powszechnie używanego w lecznictwie zamkniętym, prześcieradła z tkaniny bawełnianej o splocie płóciennym, przeprowadzono badania w warunkach klinicznych:

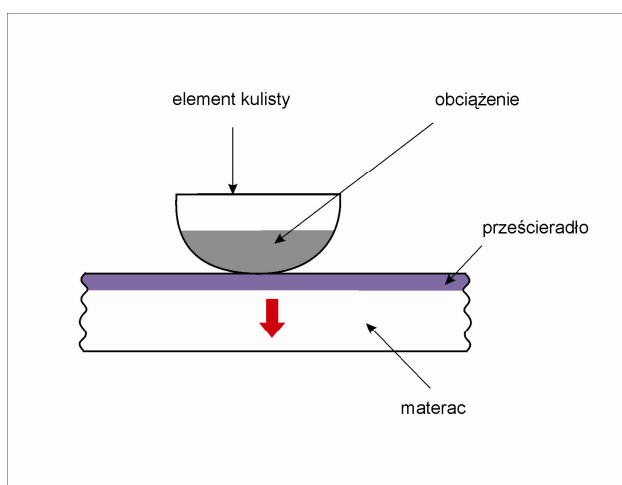
- parametrów higieniczno-fizjologicznych,
- modelowe symulujące warunki użytkowania:
 - transportu strumienia ciepła i wilgoci,
 - zachowania się tkaniny gofrowanej w symulowanych warunkach użytkowania,
- zmian lokalnego przepływu krwi, w miejscu wysokiego ryzyka powstawania odleżyn u chorych długotrwale unieruchomionych.

Badania wybranych parametrów higieniczno-fizjologicznych: wodochłonność, przepuszczalność powietrza i przepuszczalność pary wodnej, zostały przeprowadzone zgodnie z procedurami opisanymi w normach: PN-72/P04734 [2], PN-EN ISO 9237:1998 [3] oraz PN-71/P-04611 [4].

Badania modelowe transportu strumienia ciepła i wilgoci dla tkanin przeprowadzono zgodnie z instrukcją na przyrządzie Permetest firmy Sensora Co. [5], dla trzech przyjętych temperatur płyty grzejnej: 35,5°C, 36,6°C i 39,5°C, które odpowiadają trzem stanom temperaturowym organizmu człowieka: wychłodzenia, normalnemu i gorączkowemu. Badania modelowe obejmowały wyznaczenie parametrów takich jak: współczynnik przenikania ciepła k [W/m²K] i wskaźnik względnej przepuszczalności pary wodnej p_p [%].

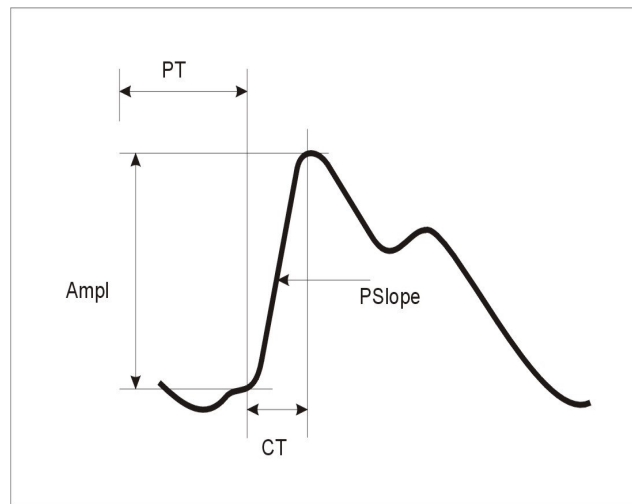
Badania modelowe zachowania się tkaniny gofrowanej w symulowanych warunkach użytkowania oceniono, stosując własną metodę pomiarową symulującą rzeczywiste warunki użytkowania, opartą na zasadach opisanych dla układu ruchu człowieka [6] (rys. 3). Dla badanych tkanin ocenie poddano: odkształcalność wypukłych fragmentów tkaniny, pod zaprogramowanym obciążeniem, na

podstawie obserwacji makrotopografii jej powierzchni oraz makrotopografii jej przekroju wzdłuż przędzy z włókien hydrofobowych – obrazy rejestrowano za pomocą aparatu cyfrowego Canon Power Shot A620; ewentualne zmiany w strukturze wypukłych fragmentów tkaniny na podstawie obserwacji mikrotopografii przekroju przędzy (wzdłużnego i poprzecznego) odniesionego do deformacji przędz z włókien hydrofobowych – obrazy wykonano na skaningowym mikroskopie elektronowym JSM-5200LV.



Rys. 3. Schematyczne przedstawienie symulacji rzeczywistych warunków użytkowania tkanin pod działaniem zaprogramowanego obciążenia, odpowiadającego masie i topografii badanego obszaru ciała u osoby długotrwale unieruchomionej w pozycji horyzontalnej

W badaniach zmian lokalnego przepływu krwi, w miejscu wysokiego ryzyka powstawania odleżyn u chorych długotrwale unieruchomionych z normalną i podwyższoną temperaturą ciała, zastosowano metodę pletyzmografii impedancyjnej. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi nr RNN/134/03/KB. Pomiaru zmian tkankowego przepływu krwi określono zgodnie z procedurą opisaną w instrukcji aparatu Niccomo – niemieckiej firmy Medis, do oceny parametrów hemodynamicznych metodą kardiografii impedancyjnej z przystawką do pomiarów pletyzmograficznych [7]. Na podstawie krzywej pletyzmograficznej, wykreślonej przez pletyzmograf impedancyjny, oceniano następujące parametry hemodynamiczne: amplitudę fali pulsu (PAmpl – puls wave amplitude), skurczowe nachylenie fali pulsu (PSlope – systolic slope), czas do osiągnięcia szczytu fali (CT – crest time) oraz czas propagacji (PT – propagation time) – mierzony od początku załamka R w Ekg do początku skurczowego nachylenia fali pletyzmogramu (rys. 4).



Rys. 4. Impedancyjny pomiar przepływu krwi w badanym obszarze lokalnego układu krążenia z uwzględnieniem parametrów pletyzmograficznych w ujęciu schematycznym – krzywa pletyzmograficzna [1, 7]

Badania wykonano w sześciu grupach osób, z których wyodrębniono:

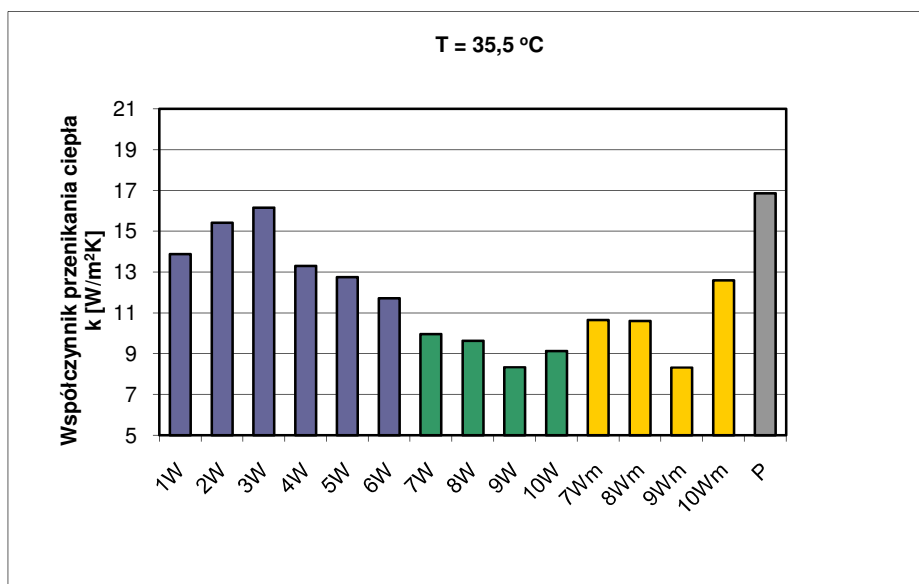
- cztery zasadnicze grupy osób z normalną temperaturą ciała, gdzie:
 - grupę 1 utworzyło 14 osób o średniej wieku 60 lat – hospitalizowanych w okresie badania – bez istotnego ograniczenia sprawności ruchowej;
 - grupę 2 utworzyło 12 chorych o średniej wieku 62 lata, przewlekłe unieruchomionych – po niedokrwiennym udarze mózgu – użytkujących prześcieradła z tkaniny gofrowanej;
 - grupę 3 utworzyło 10 chorych o średniej wieku 61 lat, przewlekłe unieruchomionych – po niedokrwiennym udarze mózgu – użytkujących prześcieradła z tkaniny o splocie atlasowym;
 - grupę 4 utworzyło 11 chorych o średniej wieku 60 lat, przewlekłe unieruchomionych – po niedokrwiennym udarze mózgu – użytkujących tradycyjne prześcieradła z tkaniny bawełnianej o splocie płóciennym;
- dwie podgrupy osób z podwyższoną temperaturą ciała, gdzie:
 - podgrupę 2a utworzyło 4 chorych w wieku średnio 60 lat, przewlekłe unieruchomionych – po niedokrwiennym udarze mózgu w stanie podgorączkowym (o średniej temperaturze ciała 38,2°C) – użytkujących prześcieradła z tkaniny gofrowanej;
 - podgrupę 3a utworzyło 3 chorych w wieku średnio 59 lat, przewlekłe unieruchomionych – po niedokrwiennym udarze mózgu (średniej temperaturze ciała 37,9°C) – użytkujących prześcieradła z tkaniny o splocie atlasowym.

Szczegółowo metodykę badań opisano w pracy doktorskiej [1].

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Ilościowa ocena transportu ciepła przez badane tkaniny wskazuje na wyraźne jego uzależnienie od przestrzennego rozbudowania struktury tkanin. Rozbudowanie przestrzenne tkaniny gofrowanej powoduje zmniejszenie ilości transportowanego ciepła w kierunku od ciała do otoczenia, przyczyniając się do gromadzenia dużych ilości ciepła między warstwą skóry, a powierzchnią tkaniny.

W momencie stanu wychłodzenia organizmu (stan osłabienia) wskazane jest utrzymanie jak największej ilości ciepła w organizmie. Korzystne jest więc stosowanie tkanin, które charakteryzują się najniższą wartością współczynnika przenikania ciepła. Warunek ten spełniają tkaniny gofrowane, które posiadają w osnowie zasadniczej i wątku – przędzę bezwrzecionową z włókien bawełny oraz w osnowie gofrującej – przędzę teksturowaną z włókien poliestrowych (rys. 5). Tego typu tkaniny prześcieradłowe można więc rekomendować dla osób długotrwale unieruchomionych w starszym wieku, u których sprawność kontroli czynności układu krążenia jest ograniczona, przez co utrata ciepła ze skóry jest większa (ograniczenie tzw. hipotermii chronicznej). Jest to zgodne z doniesieniami zawartymi w publikacjach [8-16].



Rys. 5. Porównanie średnich wartości współczynnika przenikania ciepła k [W/m²K] dla badanych tkanin w przyjętej temperaturze $T = 35,5^{\circ}\text{C}$;

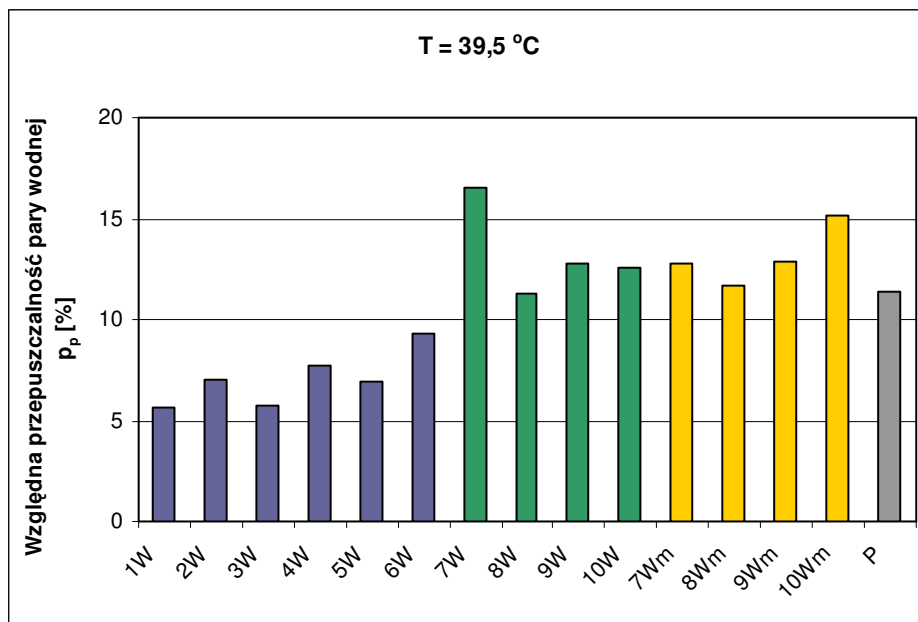
1W – 6W tkaniny o splocie atlasowym; 7W – 10W tkaniny gofrowane metodą tkacką, wrobienie nitek w osnowie gofrującej 42 %; 7Wm – 10Wm tkaniny gofrowane metodą tkacką, wrobienie nitek w osnowie gofrującej 14 %; P – prześcieradło bawełniane o splocie płóciennym

W momencie stanu termoneutralnego organizmu (temperatura normalna) wskazane jest również utrzymanie prawidłowej ilości ciepła w organizmie. Tkaniny, które mają bezpośredni kontakt ze skórą człowieka, powinny także wykazywać odpowiedni poziom termoizolacyjności. Korzystne jest, więc stosowanie tkanin, które charakteryzują się relatywnie niską wartością współczynnika przenikania ciepła. Najmniejsze wartości współczynnika k w badaniach modelowych tkanin, przy stosowaniu temperatury $36,6^{\circ}\text{C}$, uzyskano dla tkanin gofrowanych, które posiadają w osnowie zasadniczej i wątku – przędzę bezwrzecionową z włókien typu Lyocell oraz w osnowie gofrującej – przędzę skręcaną z włókien polipropylenowych.

W momencie przegrzania organizmu (stan gorączkowy) wskazane jest intensywne odprowadzanie nadmiaru produkowanego ciepła z organizmu do otoczenia. W tym celu korzystne jest stosowanie tkanin, które charakteryzują się wysokimi wartościami współczynnika przenikania ciepła. Najwyższe wartości współczynnika k przy prowadzeniu badań modelowych w temperaturze $39,5^{\circ}\text{C}$ zaobserwowano dla tkanin o nierozbudowanej przestrzennie strukturze (tkaniny atlasowe), które posiadają pokrycia osnowowe utworzone z przędzy teksturowanej z włókien poliestrowych, a pokrycia wątkowe z przędzy bezwrzecionowej z włókien bawełny. Jednorodna i gładka powierzchnia tkaniny, powoduje zwiększenie ilości transportowanego ciepła w kierunku od ciała do otoczenia.

Wyroby tekstylne o korzystnych właściwościach fizjologicznych dla osób długotrwale unieruchomionych powinny w sposób efektywny odprowadzać nadmiar wilgoci z powierzchni skóry do środowiska zewnętrznego. Zarówno w stanie wychłodzenia (dyskomfortu fizjologicznego), stanie termoneutralnym (komfortu fizjologicznego) jak i przegrzania (dyskomfortu fizjologicznego) organizm człowieka wydziela określone ilości potu, które przez skórę są transportowane do otoczenia. Tkaniny mające bezpośredni kontakt z ciałem człowieka powinny więc, w jak największym stopniu, być przepuszczalne dla pary wodnej i potu.

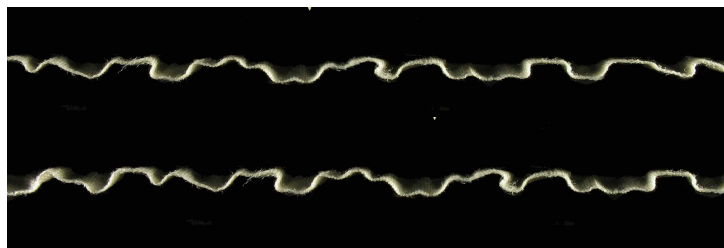
W badaniach modelowych, prowadzonych z uwzględnieniem trzech różnych stanów temperaturowych osoby unieruchomionej (temperatura $35,5^{\circ}\text{C}$, $36,6^{\circ}\text{C}$ i $39,5^{\circ}\text{C}$), najwyższymi wartościami względnej przepuszczalności pary wodnej charakteryzowały się tkaniny gofrowane o większym procentowym wrobieniu nitek w osnowie gofrującej (rys. 6). Fakt ten można tłumaczyć tym, iż urzeźbiona powierzchnia tkaniny przylegająca do skóry i bardziej porowata struktura międzynitkowa tkanin gofrowanych powoduje bardziej efektywny transport wilgoci niż jednorodna i bardziej zapełniona struktura tkanin o splocie atlasowym.



Rys. 6. Porównanie średnich wartości względnej przepuszczalności pary wodnej p_p [%] dla badanych tkanin w przyjętej temperaturze $T = 39,5^\circ\text{C}$;

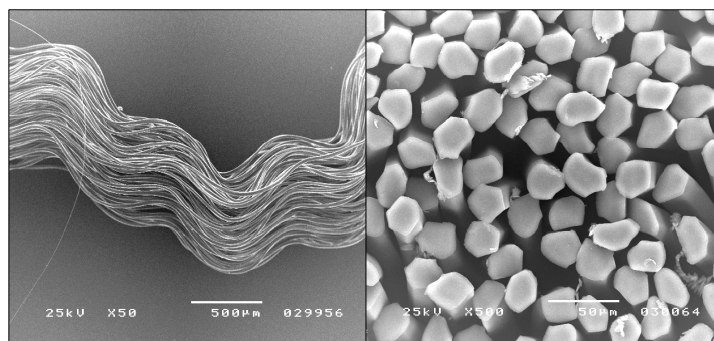
1W – 6W tkaniny o splocie atlasowym; 7W – 10W tkaniny gofrowane metodą tkacką, wrobienie nitek w osnowie gofrującej 42 %; 7Wm – 10Wm tkaniny gofrowane metodą tkacką, wrobienie nitek w osnowie gofrującej 14 %; P – prześcieradło bawełniane o splocie płóciennym

Rozbudowanie struktury tkanin gofrowanych narzuciło konieczność przeprowadzenia badań trwałości ich ukształtowania przestrzennego w warunkach użytkowania oraz po procesie konserwacji w warunkach szpitalnych. Na podstawie prowadzonych badań modelowych można wyprowadzić wniosek, że tkaniny gofrowane zachowują przestrzenne ukształtowanie po odjęciu obciążenia. Trwałość zachowania kształtu przestrzennego jest nieco zróżnicowana dla tkanin z udziałem różnych włókien syntetycznych (poliestrowych polipropylenowych). Tkaniny gofrowane z udziałem włókien poliestrowych wykazują większą stabilność rozbudowania przestrzennego, niż tkaniny z udziałem włókien polipropylenowych. Wynika to przede wszystkim z większej sprężystości włókien poliestrowych, ale również ze specyficznej budowy przędzy (przędze teksturowane) [17, 18] (rys. 7, 8).

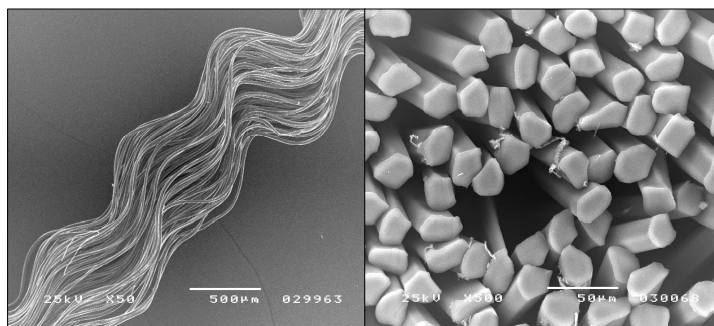


Rys. 7. Ocena odkształcalności wypukłych fragmentów tkaniny gofrowanej obserwacji makrotopografii jej przekroju wzdłuż przędzy z włókien hydrofobowych w osnowie gofrującej - przed i po działaniu zaprogramowanego obciążenia. Na zdjęciu: obraz przekroju tkaniny wzdłuż przędzy teksturowanej z włókien poliestrowych (PES) w osnowie gofrującej (dla wybranej próbki 9W) przed (przekrój górny) i po (przekrój dolny) działaniu zaprogramowanego obciążenia

przed obciążeniem



po obciążeniu



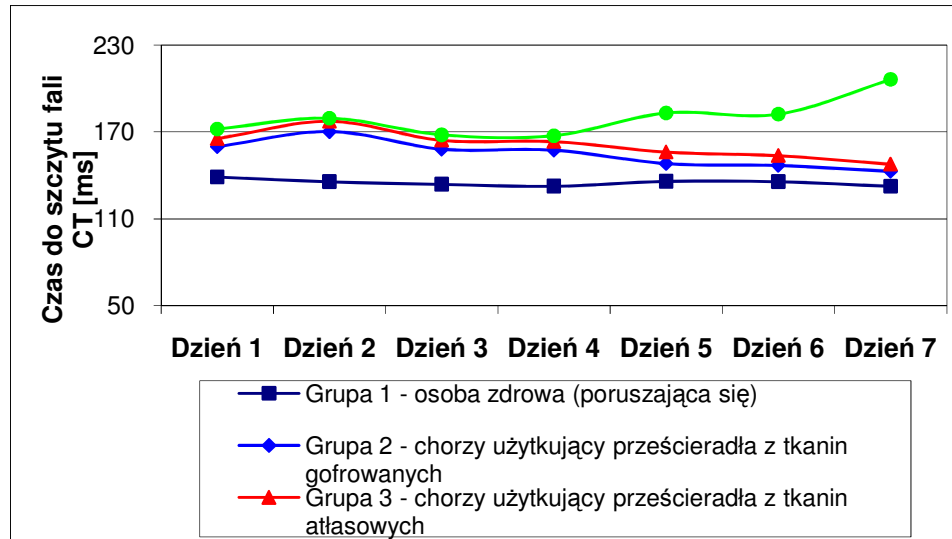
Rys. 8. Ocena zmian w strukturze wypukłych fragmentów tkaniny gofrowanej na podstawie makrotopografii przekroju – wzdłużnego i poprzecznego przędzy z włókien hydrofobowych w osnowie gofrującej – przed i po działaniu zaprogramowanego obciążenia. Na zdjęciu: obraz przekroju wzdłużny i poprzeczny przędzy teksturowanej z włókien poliestrowych (PES) w osnowie gofrującej (dla wybranej próbki 9W) przed i po działaniu zaprogramowanego obciążenia

Wnioski z przeprowadzonych badań metrologicznych oraz modelowych, symulujących warunki użytkowania zaprojektowanych tkanin, odnośnie ich przydatności jako prześcieradeł stosowanych w leczeniu zamkniętym, potwierdziły doniesienia zawarte w publikacjach [19-40]. Znalazły również potwierdzenie w ocenie zmian lokalnego przepływu krwi w miejscu wysokiego ryzyka powstawania odleżyn u chorych długotrwale unieruchomionych przy zastosowaniu metody pletyzmografii impedancyjnej. Rejestracja krzywej pletyzmograficznej opisanej czterema parametrami hemodynamicznymi, tj.: amplitudą fali pulsu – PAmpl, skurczowym nachyleniem fali pulsu – PSlope, czasem do osiągnięcia szczytu fali – CT i czasem propagacji – PT, jest przydatna do monitorowania zaburzeń przepływu krwi, występujących u chorych długotrwale unieruchomionych. Analiza badanych parametrów hemodynamicznych udowadnia, że zaburzenia miejscowego przepływu krwi w obrębie tkanek narażonych na długotrwały zewnętrzny nacisk, w znacznym stopniu zależą od kontaktu podłoża ze skórą człowieka.

W badaniach przeprowadzonych w grupach osób chorych z normalną temperaturą ciała, użytkujących prześcieradła z badanych tkanin, obserwowano istotne statystycznie różnice w zmianach przepływu krwi w obszarze ryzyka powstania uszkodzeń skóry. Istotną progresję zaburzeń miejscowego krążenia odnotowano w grupie chorych, użytkujących ogólnie dostępne prześcieradła bawełniane o splocie płóciennym. Stwierdzone zaburzenia ukrwienia w okolicy narażonej na powstanie uszkodzeń skóry wymusiły ograniczenie czasu obserwacji ze względów etycznych – do siedmiu dni. W piątej dobie obserwowano istotne zmniejszenie parametru PAmpl, wydłużenie czasu CT oraz w siódmej dobie istotne zmniejszenie parametru PSlope. Opisane wyniki badania przemawiają za gwałtownym przyspieszeniem zaburzeń miejscowego krążenia w badanym obszarze wysokiego ryzyka powstania odleżyn. Dalszym potwierdzeniem niekorzystnego charakteru zmian wewnątrznaczyniowych jest wynik badania czasu propagacji PT. W szóstej dobie badania stwierdzono istotne, w porównaniu do pozostałych grup badanych chorych, wydłużenie czasu propagacji PT. Takie zachowanie się parametru PT wiąże się z istotnym ograniczeniem przepływu krwi. U chorych użytkujących prześcieradła z zaprojektowanych tkanin, kluczowe zmiany zarejestrowano około piątej doby badania. W obu grupach badanych chorych – użytkujących prześcieradła z tkanin gofrowanych oraz atlasowych, obserwowano istotne zwiększenie parametru PAmpl, skrócenie czasu CT oraz, w siódmej dobie badania, istotne zwiększenie parametru PSlope. Taki kierunek zmian parametrów pletyzmograficznych wskazuje na postępującą normalizację przepływu krwi. Należy podkreślić, że szczególnie istotne zwiększenie wartości parametrów PAmpl i PSlope oraz skrócenie czasu CT – nastąpiło w grupie chorych, użytkujących prześcieradła z tkaniny gofrowanej, w porównaniu do grupy chorych użytkujących prześcieradła z tkaniny o splocie atlasowym.

Na uwagę zasługuje fakt, że w czasie całego okresu obserwacji średnia wartość czasu propagacji PT w obu badanych grupach chorych nie uległa istotnej zmianie.

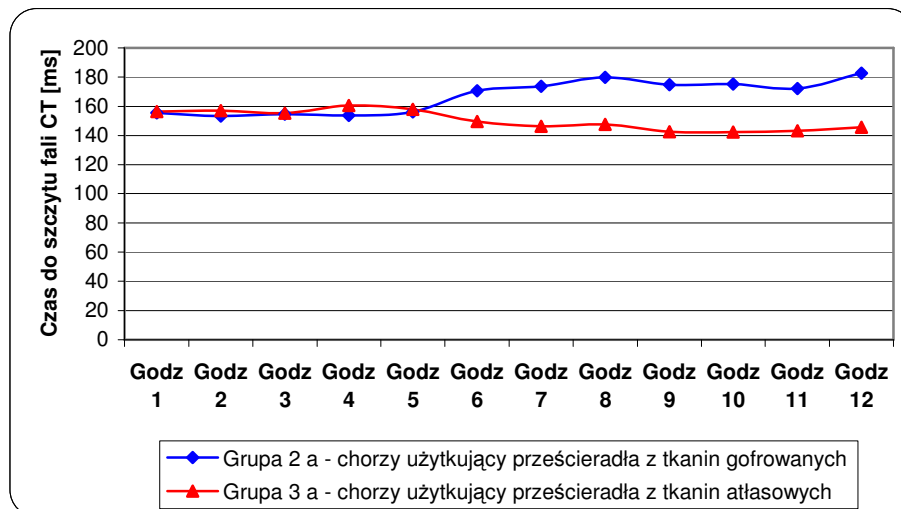
W obu badanych grupach chorych (użytkujących prześcieradła z tkaniny gofrowanej oraz prześcieradła z tkaniny o splocie atlasowym) nie odnotowano także istotnej różnicy w zakresie parametru PT w stosunku do parametru PT określonego dla osób o pełnej sprawności ruchowej – nie leżących. Fakt ten potwierdza skuteczną ochronę lokalnego krążenia przez prześcieradła z badanych tkanin, ze szczególnym wskazaniem na tkaniny gofrowane (rys. 9).



Rys. 9. Graficzne przedstawienie obserwowanych zależności dla grup 1, 2, 3 i 4 badanych osób o normalnej temperaturze ciała w zakresie wybranego parametru CT [ms]

Z uwagi na fakt, iż w badaniach modelowych stwierdzono dla użytkowanych tkanin istotne różnice w transporcie ciepła i wilgoci w przypadku temperatury płyty grzejnej $39,5^{\circ}\text{C}$, przeprowadzono dodatkowe badania kliniczne w dwóch grupach osób chorych z podwyższoną temperaturą ciała. Z badań modelowych wynika, że w przypadku stanu gorączkowego transport wilgoci odbywa się sprawniej w przypadku użytkowania prześcieradeł z tkanin gofrowanych, zaś transport ciepła jest bardziej efektywny w przypadku tkanin o splocie atlasowym. Dwunastogodzinna obserwacja przeprowadzona w dwóch grupach chorych wykazała istotny wzrost parametrów hemodynamicznych – PAmpl, PSlope oraz skrócenie czasu CT w siódmej godzinie stanu gorączkowego, w grupie chorych użytkujących prześcieradła z tkanin o splocie atlasowym, w porównaniu do grupy chorych użytkujących prześcieradła z tkanin gofrowanych. Nie obserwowano przy tym istotnych zmian w zakresie parametru PT. Taki kierunek zmian

parametrów pletyzmograficznych wskazuje na bardziej korzystną normalizację przepływu krwi w badanym obszarze w grupie osób w stanie gorączkowym, użytkujących prześcieradła z tkanin atlasowych (rys. 10).



Rys. 10. Graficzne przedstawienie obserwowanych zależności dla grup 2a i 3a badanych osób o podwyższonej temperaturze ciała w zakresie wybranego parametru CT [ms]

Z porównania wyników badań klinicznych nasuwa się wniosek, że zaburzenia termoregulacji, prowadząc do wzrostu ciepłoty ciała (stan gorączkowy), w znacznym stopniu modyfikują niekorzystnie mikroklimat przy skórze osoby przewlekle unieruchomionej i przyspieszają pojawienie się warunków dogodnych dla tworzenia się zmian odleżynowych w obrębie skóry. Wskazuje na to istotne zwiększenie wartości parametrów hemodynamicznych – PAmpl, PSlope i CT, w grupach chorych użytkujących prześcieradła z badanych tkanin w porównaniu do osób o pełnej sprawności ruchowej – nie leżących.

Zaburzenia lokalnego przepływu krwi w badanych grupach chorych pojawiają się już na samym początku unieruchomienia (w drugiej dobie). Wyniki badań wskazują, że obserwowane już na początku unieruchomienia zaburzenia miejscowego przepływu krwi wraz z towarzyszącym wzrostem temperatury ciała i wilgotności skóry intensyfikują procesy uszkodzenia skóry. Podobny pogląd, badając implikacje fizjologiczne organizmu we wczesnym okresie bezczynności ruchowej, wyrażono w publikacjach [41-62], co jest związane z ograniczeniem aktywności tkanki mięśniowej, jak też z postępującymi zaburzeniami reologicznymi krwi.

Badania kliniczne potwierdzają przydatność użytkową zaprojektowanych tkanin, niezależnie od charakteru ich kontaktu z ciałem użytkownika – ciągłym (tkanina o splocie atlasowym) i punktowym (tkanina gofrowana w procesie

tkania). Według publikacji [63] głównym powodem powstawania odleżyn u osób długotrwale unieruchomionych jest tworzenie się zagnieceń i przypadkowych załamków na tkaninach prześcieradłowych. Przypadkowa deformacja tkaniny, jak się wydaje, powodując znaczną kompresję naczyń w warstwie podskórnej zmienia charakter przepływu krwi z warstwowego (laminarnego) w burzliwy. Ten ostatni, radykalnie spowalniając strumień płynącej w naczyniu krwi, ogranicza metabolizm okolicznych tkanek, nasilając zmiany związane z ich niedotlenieniem. Sprzyja to powstawaniu odleżyn. Jednak w przypadku struktury z zaprogramowanymi periodycznie pojawiającymi się wypukłymi elementami (tkanina gofrowana), fizjologiczna reakcja lokalnego układu naczyniowego wydaje się być bardziej złożona. Zaprojektowana odpowiednio geometria powierzchni tkaniny oraz sprężystość wypukłych jej fragmentów, jak wykazały badania, powodując adaptacyjną deformację naczyń w warstwie podskórnej, nie ogranicza przepływu krwi, lecz paradoksalnie sprzyja jego usprawnieniu. Wydaje się, że zasadniczą rolę w tym mechanizmie odgrywa gęstość zaprojektowanych wypukłych elementów tkaniny gofrowanej, która sprzyja utrzymaniu warstwowego (laminarnego) przepływu krwi w naczyniach objętych równomiernie rozłożonym naciskiem. Na tej podstawie można wnioskować, że zaprojektowany punktowy charakter kontaktu podłoża z ciałem, jest szczególnie korzystny z punktu widzenia dynamiki przepływu krwi w małych naczyniach krwionośnych w warstwie podskórnej.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyprowadzić zarówno wnioski natury ogólnej jak i wnioski szczegółowe.

Wnioski ogólne sprowadzają się do następujących stwierdzeń:

1. Zaprojektowane i wytworzone rodzaje tkanin wykazują oddziaływanie profilaktyczne w odniesieniu do uszkodzeń skóry u osób długotrwale unieruchomionych, wynikające z korzystnego transportu strumienia ciepła i wilgoci od ciała pacjenta na zewnątrz, jako najbardziej istotnego czynnika zewnętrznego, uwzględnianego w etiologii powstawania odleżyn.
2. Obiektywnym potwierdzeniem profilaktycznego oddziaływania tkanin są wyniki badań przepływu krwi w miejscowym układzie naczyniowym osób długotrwale unieruchomionych w miejscu wysokiego ryzyka powstawania odleżyn, w porównaniu do krytycznie zaburzonego przepływu krwi w badanych obszarach u osób użytkujących prześcieradła z tkanin klasycznych.
3. Profilaktyczne oddziaływanie przeciwoleżynowe badanych tkanin jest uzależnione od stopnia rozwinięcia powierzchni tkanin, określającego sposób kontaktu z ciałem użytkownika (ciągły, punktowy) oraz od stanu temperatury osoby długotrwale unieruchomionej:

- dla osób w stanie wychłodzenia oraz termoneutralnym – korzystniejsze jest stosowanie tkanin o powierzchni rozbudowanej przestrzennie (tkanina gofrowana),
- dla osób w stanie gorączkowym – korzystniejsze jest stosowanie tkanin o powierzchni gładkiej (tkanina o splocie atłasowym).

Wnioski szczegółowe przedstawiają się następująco:

1. Najbardziej korzystnymi wariantami są tkaniny o składzie surowcowym:
 - dla osób w stanie wychłodzenia – tkaniny utworzone z przędz – z włókien bawełny i teksturowanych włókien poliestrowych,
 - dla osób w stanie termoneutralnym – tkaniny utworzone z przędz – z włókien typu lyocell i włókien polipropylenowych,
 - dla osób w stanie gorączkowym – tkaniny utworzone z przędz – z włókien bawełny i teksturowanych włókien poliestrowych.
2. Zaprojektowane i wykonane tkaniny zachowują trwałość struktury pod obciążeniem w warunkach użytkowania, wynikającym z masy ciała pacjenta.
3. Zaprojektowane i wykonane tkaniny zachowują niezmienną strukturę po procesach konserwacji i sterylizacji zalecanej w warunkach szpitalnych, przy wykorzystaniu nowoczesnych urządzeń pralniczych.

LITERATURA

- [1] **Irzmańska E.**: Tekstylna o działaniu profilaktycznym w odniesieniu do uszkodzeń skóry, Praca doktorska, PŁ 2008.
- [2] PN-72/P04734: Metody badań wyrobów włókienniczych. Wyznaczanie wodochłonności.
- [3] PN-EN ISO 9237:1998: Tekstylna. Wyznaczanie przepuszczalności powietrza wyrobów włókienniczych.
- [4] PN-71/P-04611: Metody badań wyrobów włókienniczych. Wyznaczanie przepuszczalności pary wodnej.
- [5] Instrukcja urządzenia Permetest – firmy Sensora C.o.
- [6] **Bober T., Zawadzki J.**: Biomechanika układu ruchu człowieka, Wydawnictwo BK, Wyd. II, 2003 s.141-1 44.
- [7] Instrukcja Niccomo™ Noninvasive hemodynamic monitor – firmy Medis, Germany, 2002.
- [8] **Meinander H., Varheenmaa M.**: Clothing and textiles for disabled and elderly people, VTT Research Notes 2143, Project EasyTex, Finland, 2002.
- [9] **Varheenmaa M., Meinander H.**: The general and specific considerations and the critical fabric properties of textiles and clothing for disabled and elderly people, I International Conference EasyTex - Clothing and Textiles for Disabled and Elderly People, Finland, 2002.

- [10] **Harwood R.J.:** The ergonomic of clothing for the disabled and elderly. Proceedings of EasyTex, I International Conference – Clothing and Textiles for Disabled and Elderly People, Finland, 2002.
- [11] **Pryczyńska E. (Irzymańska), Lipp-Symonowicz B., Wieczorek A., Gaszyński W., Krekora K.:** The influence of structure parameters of textiles on their physiological and hygienic characteristics in the aspect of the needs of the disabled who are permanently immobile, I International Conference EasyTex - Clothing and Textiles for Disabled and Elderly People, Finland, 2002.
- [12] **Pryczyńska E. (Irzymańska), Lipp-Symonowicz B., Rymarz T., Wieczorek A., Gaszyński W., Krekora K., Bittner-Czapińska E.:** Sheet fabrics with biophysical properties as the element of joined prevention in connection with pneumatic anti-bedsore mattresses of the first and second generation, *Fibres& Textiles in Eastern Europe*, Vol. 4, 2003, s. 50-53.
- [13] **Miguel R., A., Lucas J. M., Manich A., M.:** Improving the quality of live and comfort in wool and blended fabrics for the elderly, International Conference & Exhibition on Healthcare & Medical Textiles, UK, Bolton (2003).
- [14] **Irzymańska E. (Pryczyńska), Irzymański R., Lipp-Symonowicz B., Pawlicki L.:** Textiles preventing bedsore formation in permanently immobile patients – quantification of properties during application, 7th Annual Textile Conference by Autex, Tampere, Finland, 2007.
- [15] **Pryczyńska E. (Irzymańska):** Tkaniny prześcieradłowe o działaniu antyodleżynowym zapewniające komfort użytkowy dla osób długotrwale unieruchomionych - Projekt finansowany przez KBN (Grant dla Młodego Badacza) nr 7 T08E03219, 2000-2002.
- [16] **Lipp-Symonowicz B., Pryczyńska E. (Irzymańska):** Kierunki projektowania tekstyliów dla osób niepełnosprawnych i starszych; *Ergonomia Niepełnosprawnym w przyszłości*, Monografia zbiorowa pod red. J. Lewandowskiego, Wyd. PŁ., Łódź, 2003, s. 146-150.
- [17] **Urbańczyk G.W.:** Nauka o włóknie, WNT, Warszawa, 1985.
- [18] **Urbańczyk G.W.:** Fizyka włókna. Własności fizyczne włókien. WNT, Warszawa, 1974.
- [19] **Shea J.D.:** Pressure sores classification and management, *Clinic Orthop.*, Vol. 113, 1975, s. 89-112.
- [20] **Torrance C.:** Pressure sores: etiology, treatment and prevention, London, 1983.
- [21] **Yarkony G.M., Matthews K.P., Carlson C.:** Classification of pressure ulcers, *Arch Dermatol.*, Vol. 126, 1990, s. 9-1218.
- [22] **Witkowski J.A., Parisch L.C.:** Classification of pressure ulcers, *Arch. Dermatol.*, Vol. 127, 1991, s. 8-907
- [23] **Lindgren M., Unosson M., Ek A.C.:** Pressure sore prevalence within a public health services area, *Int.J.Nursing Prac.*, Vol. 6, 2000, s. 333-337.
- [24] **Daniel R.K., Priest D.L., Wheatley D.C.:** Etiologic factors in pressure sores: an experimental model, *Arch. Phys.Med.Rehabil.*, Vol.62, 1981, s. 492-498.
- [25] **Bridel J.:** The etiology of pressure sores, *Journal Wound Care*, Vol. 2 (4), 1993, s. 230-238.
- [26] **Kosiak M.:** Etiology and pathology of ischemic ulcers, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Vol. 40, 1959, s. 62-69.

- [27] **Kosiak M.:** Etiology of decubitus ulcers, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1961, s. 19-29.
- [28] **Cochran G., Palmieri V.:** Development of test methods for evaluation of wheelchair cushions, *Bull. Prosthet. Res.*, Vol. 17, 1980, s. 9-30.
- [29] **Stewart S., Palmieri V., Cochran G.:** Wheelchair cushion effect on skin temperature, heat flux and relative humidity, *Arch. Phys. Med. Rehabil.* Vol. 61, 1980, s. 229-233.
- [30] **Wywiłowski E., F.:** Tissue perfusion as a key underlying concept of pressure ulcer development and treatment, *J. Vasc. Nurs.*, Vol. 17, 1999, s. 12-16.
- [31] **Mayrovitz H., N., Sims N.:** Biophysical effects of water and synthetic urine on skin, *Adv. Skin Wound Care*, Vol. 14, 2001, s. 302-308.
- [30] **Nicholson G., P., Scales J., T., Clark R., P., Calcina-Goff M., L., D.:** A method for determining the heat transfer and water vapour permeability of patient support systems, *Med. Eng. Phys.*, Vol. 21, 1999, s. 701-712.
- [32] **Kosiak M.:** Prevention and rehabilitation of pressure ulcers, *Decubitus*, Vol. 4, 1999, s. 2-4.
- [33] **Larsson G.:** Linen in the hospital bed: effects on patient's well-being, *Journal of Advanced Nursing*, Vol. 16, 1991, s. 1004.
- [34] **Book of Abstracts Medical Textiles: Hygiene – sheets for prevention of bedsores**, Vol. 9, 1994.
- [35] **Mita K., Akataki K., Itoh., Yoshida M., Shinoda T., Ishida Y.:** Physical characteristics of a new synthetic fiber mattress in relation to pressure sores, *Front Med. Eng.* Vol. 8(3), 1997, s. 221-307.
- [36] **Kwok Y., L., Li Y., Chu L., W., Wong A., S., Chan W., K.:** Functional requirements of bedding materials for elderly patients, *I International Conference Medical Textiles*, Bolton, UK, 1999.
- [37] **Kaciuba-Uściłko H., Kruk B.:** Monografia: Termoregulacja i wpływ warunków środowiska termicznego na organizm człowieka, *Wprowadzenie do fizjologii klinicznej* pod red. Kozłowskiego S. i Nazar K., PZWL, Warszawa, 1995, s. 506-520.
- [38] **Asher R.A.J.:** *British Medical Journal*, Vol. 4, 1947, s. 967.
- [39] **Bruck K.:** Thermal balance and the regulation of body temperature, *Human physiology*, Berlin, 1989, s. 624.
- [40] **Greenleaf J., E., Kaciuba-Uściłko H.:** Acclimation to heat in humans, *NASA Techn. Memor.* Vol. 101011, 1989, s. 34.
- [41] **Bennett L., Kavner D., Lee B.Y., Trainor F.S., Lewis J.M.:** Skin blood flow in seated geriatric patients, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Vol. 62, 1981, s. 392-398.
- [42] **Schubert V., Heraud J.:** The effects of pressure and shear on skin microcirculation in elderly stroke patients lying in supine or semi-recumbent positions, *Age and Ageing*, Vol. 23, 1994, s. 405-410.
- [43] **Bennett L., Kavner D., Lee B.Y., Trainor F.S.:** Shear vs pressure as causative factors in skin blood flow occlusion, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Vol. 60, 1979, s. 309-314.
- [45] **Kett R.L., Levine S.P.:** A dynamic model of tissue deflection in a seated individual, *Proceedings, Resna 10th Annual Conference*, San Jose, California, USA, 1987.
- [46] **Ek A.C., Lewis D.H., Zetterqvist H., Svensson P.G.:** Skin blood flow in an area at risk for pressure sore, *Scand. J. Rehabil. Med.*, Vol. 16, 1984, s. 85-89.

- [47] **Kokate J.Y., Leland K.J., Held A.M., Hansen G.L., Kveen G.L., Johnson B.A.:** Temperature - modulated pressure ulcers a porcine model, *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, Vol.76, 1995, s. 666-673.
- [48] **Daniel R.K., Wheatley D., Priest D.:** Pressure sores and paraplegia: an experimental model, *Ann.Plast.Surg.*, Vol. 5, 1985, s. 41-49.
- [49] **Fisher S.V., Szymke T.E., Apte S.Y., Kosiak M.:** Wheelchair cushion effect on skin temperature. *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, Vol. 59, 1978, s. 68-72.
- [50] **Seymour R.J., Lacefield W.E.:** Wheelchair cushion effect on pressure and skin temperature, *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, Vol. 66, 1985, s. 103-108.
- [51] **Reger S.I., Adams T.C., Makelbust J.A., Sahgal V.:** Validation test for climate control on air-loss supports, *Arch.Phys.Med.Rehabil.*, Vol.82, 2001, s. 587-603.
- [52] **Stewart S.F.C., Palmieri V., Cochran G.B.:** Wheelchair cushion effect on skin temperature, heat flux and relative humidity, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, Vol. 6, 1980, s. 229-233.
- [53] **Ek A.C., Gustavsson G., Lewis D.H.:** Skin blood flow in relation to external pressure and temperature in the supine position on a standard hospital mattress, *Scand.J.Rehabil.Med.*, Vol. 19, 1987, s. 121-126.
- [54] **Jonsson A., Linden M., Lindgren M., Malmqvist L.A.:** Evaluation of antidecubitus mattresses, *Med. Biol. Eng. Comput.*, Vol. 43, 2005, s. 541-547.
- [55] **Sandberg M., Zhang Q., Styf J., Gerdle B.:** Non-invasive monitoring of muscle blood perfusion by photoplethysmography – evaluation of a new application, *Acta Physiol. Scand.*, Vol. 183, 2005, s.335-343.
- [56] **Binzoni T., Leung T.S., Boggett D., Delpy D.:** Non-invasive laser Doppler perfusion measurements of larger tissue volumes and human skeletal muscle blood RMS velocity, *Phys. Med. Biol.*, Vol. 48, 2003, s. 2527-2549.
- [57] **Feldman D.L., Sepka R.S., Klitzman B.:** Tissue oxygenation and blood flow on specialized and conventional hospital beds, *Ann. Plast. Surg.*, Vol. 30, 1993, s. 441-444.
- [58] **Tenland T., Salerud E.G., Nilsson G.E., Öberg P.A.:** Spatial and temporal variations in human skin blood flow, *Int. J. Microcirc.: Clin. Exp.*, Vol. 2, 1983, s. 81-90.
- [59] **Bornmyr S., Svensson H., Lilja B.:** Skin temperature changes and changes in skin blood flow monitored with laser Doppler flowmetry and imaging: a methodological study in normal humans, *Clin.Phys.*, Vol. 17(1), 1997, s. 71-81.
- [60] **Johnson J.M., Taylor W.F., Shepherd A.P., Park M.K.:** Laser-Doppler measurement of skin blood flow: comparison with pletysmography, *J. Appl. Physiol.*, Vol. 56(3), 1984, s. 798-803.
- [62] **Jonsson A., Lindgren M.:** Skin temperature effects on skin blood flow at areas prone to pressure sore development, *Proceedings 13th Nordic Conference Biomedical Engineering and Medical Physics*, Umeå, 2005, s.140-141.
- [63] **Van Langenhove L.:** Formation of creases in bedsheets – a cause of decubitus, *I International Conference Medical Textiles*, Bolton, UK, 1999.

TEXTILES PREVENTING SKIN DAMAGES

Summary

The dissertation presents research on application of designed and produced fabrics characterised by a specific distribution of hydrophobic and hydrophilic fibres in their structure and by their varied contact with the user's skin (from the point of view of the degree of fabrics surface complexity). The fabrics mentioned were applied for bed sheets usage in the hospital conditions by long-term immobile persons at risk of bedsores formation. The preventive effect of the fabrics was analysed in the aspect of external and internal factors taken into consideration in bedsores etiology. In range of external factors was carried out model testing of the heat and moisture transport by fabrics in simulated conditions of bed sheets usage. Additionally, in range of internal factors was carried out changes of local blood flow in a place under high risk of bedsores formation in conditions of long-term immobility. For this purpose the impedance plethysmography method was applied to detect changes in blood flow in local vascular system.

Central Institute For Labour Protection - National Research Institute (2009)
Research worker at the Textile Research Institute in Lodz (1998-2009)
Department of Fibre Physics & Textile Metrology
Technical University of Lodz