

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

MATEUSZ SOPATA¹ | ADAM PIASECKI¹ | MACIEJ SOPATA²

OCENA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH NOWOCZESNYCH OPATRUNKÓW STOSOWANYCH W LECZENIU RAN

ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MODERN DRESSINGS USING IN TREATMENT OF CHRONIC WOUNDS

STRESZCZENIE: W celach analitycznych przeprowadzono trzy doświadczenia mające na celu określenie właściwości pięciu opatrunków włókiennych dostępnych na rynku. Aby określić odczyn chemiczny każdej z próbek, dokonano pomiaru pH. W celu zbadania zdolności pochłaniających opatrunku przeprowadzono pomiar chłonności, a w celu oceny właściwości absorpcyjnych włókien – tzw. test flagi. Na podstawie dokonanych obserwacji i wyników można wskazać różnice w pięciu badanych opatrunkach. Pomiar pH wykazał, że opatrunki posiadają odczyn kwasowy, wahający się pomiędzy wartościami 4,4–6,4. W badaniu absorpcji dla każdego z opatrunków dokonano dziesięciu pomiarów, z których wyznaczono wartość średnią. Stwierdzono duże różnice pomiędzy poszczególnymi badanymi próbkami. Najwyższa wartość absorpcji wynosiła 2148%, a najniższa – 531,46%. Dysproporcje w każdym z opatrunków wykazał także tzw. test flagi, który obrazowo ukazuje właściwości pochłaniania i zatrzymywania roztworu w strukturze włókna.

SŁOWA KLUCZOWE: chłonność, odczyn pH, opatrunki włókniste, rany przewlekłe

ABSTRACT: For analytical assessment three experiments were made to describe the properties of dressings of five companies available on market. The measurement of pH was made. The absorption test was made to measure and describe the capacity of fibers dressings while absorbing fluid into their structure. To describe the properties and abilities to stop the solution in fiber structure the flag test was also made. The results and observations showed that there is a difference between five samples. The pH measurement showed that dressings have an acidic character with a value of 4.4–6.4. The absorption test showed a big difference between samples. For each dressing ten measurements were made to determinate the average. The highest average value of absorption was 2148% and the lowest value was 531.46%. The following flag test also illustrated the differences in each dressing.

KEY WORDS: absorbtion, chronic wounds, hydrofibre dressings, pH

1 Zakład Metaloznawstwa i Inżynierii Powierzchni Instytutu Inżynierii Materiałowej Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej

2 Katedra i Klinika Medycyny Paliatywnej Uniwersytetu Medycznego im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

✉ MATEUSZ SOPATA
Zakład Metaloznawstwa i Inżynierii Powierzchni,
Instytut Inżynierii Materiałowej,
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania,
Politechnika Poznańska,
ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań,
e-mail: mateusz.sopata@wp.pl

Wpłynęło: 15.06.2016

Zaakceptowano: 30.06.2016

DOI: dx.doi.org/10.15374/LR2016012

WSTĘP

Minęło już ponad 50 lat od powstania koncepcji wilgotnego leczenia ran. Została ona opisana po raz pierwszy przez George'a Wintera w 1962 roku i znalazła późniejsze zastosowanie w praktyce [1]. Przyczyniła się do pojawienia wielu nowoczesnych opatrunków, wspomagających procesy gojenia, które są obecnie stosowane w leczeniu ran przewlekłych.

Obecnie część nowości technologicznych jest bezpośrednio związana ze wzrostem popularności wyspecjalizowanych materiałów, tzw. biomateriałów. Dotyczy to również leczenia ran, gdzie biomateriały – nowoczesne, aktywne opatrunki – ze względu na swoją biokompatybilność odgrywają ważną rolę. Cecha ta ma wpływ na: przyspieszenie procesu gojenia, immunostymulację, regulację środowiska rany i ochronę nowo powstających tkanek [2]. W leczeniu ran stosowane są różnego rodzaju opatrunki. Mają one

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

za zadanie: chronić ranę przed środowiskiem zewnętrznym, przyspieszać gojenie i pochłaniać nadmiar powstającego wysięku, jednocześnie utrzymując wysoką wilgotność pomiędzy opatrunkiem a raną. Ważne jest również, aby opatrunek: nie przylegał do rany, nie uszkadzał nowo powstałych tkanek podczas wymiany, pozwalał na prawidłową wymianę gazową oraz aby był nieprzepuszczalny dla bakterii, nietoksyczny i niealergizujący, a także umożliwiał utrzymanie odpowiedniej temperatury rany (zbliżonej do temperatury ciała). Założenia te zostały przedstawione przez Turnera w 1979 roku na podstawie analizy wszystkich opublikowanych do tego czasu badań [3].

Analiza cech opatrunku idealnego skłoniła do rozpoczęcia badań dotyczących różnego rodzaju materiałów, które mogłyby spełniać powyższe cechy.

Właściwości wymienione powyżej posiadają między innymi opatrunki włókienne, które były już wcześniej powszechnie stosowane w leczeniu ran. Najczęściej spotykanym włóknem pochodzenia naturalnego jest celuloza. Posiada ona dobre właściwości wytrzymałościowe, a przede wszystkim jest łatwa i tania w przetwórstwie. Jednakże jej właściwości pochłaniające i gromadzące wysięk nie są zbyt dobre. Firmy, które pracują nad rozwojem opatrunków, skupiły się na polepszeniu właściwości celulozy. Takie zmiany można osiągnąć poprzez ingerencję w strukturę krystaliczną tego włókna. Zamierzony cel osiąga się poprzez syntezę chemiczną i nasączenie roztworami silnych kwasów lub zasad – w wyniku tego procesu powstają włókna, które są silnie hydrofilowe. Dzięki strukturze chemicznej łańcucha polimerowego może dojść do absorpcji cząsteczki – np. wody – i zamknięcia jej całkowicie we włóknie. Jest to zjawisko tzw. puchnięcia włókien. Raz zaabsorbowanego płynu nie da się usunąć z opatrunku poprzez zwykłe wyciśnięcie, co ma miejsce w przypadku stosowania np. gąbek. Dodatkowo opatrunki włókniste wypełniają szczelnie dno rany, co zapobiega efektowi tzw. pustej przestrzeni. Stanowi to duże utrudnienie dla bakterii, które w rezultacie nie mogą się przemieszczać i kolonizować nowych miejsc. Obecnie na rynku dostępnych jest kilka opatrunków nietkanych, włókiennych, które są w większości pochodną celulozy [4–6].

Bardzo ważne jest, aby opatrunki utrzymywały odpowiedni poziom pH środowiska rany, ponieważ jednym z czynników przyczyniających się do zaburzenia procesu gojenia jest właśnie zmiana odczynu pH. Środowisko rany może posiadać wartości pH w zakresie 7,15–8,9 [7]. Takie wartości mogą wskazywać między innymi na obecność bakterii. Jak dowiedziono w badaniach, wraz z procesem gojenia odczyn pH zmienia się i staje się kwasowy, przyjmując zakres 5,4–5,6 (podobne jak w przypadku zdrowej skóry). Dlatego istotne jest, aby opatrunki posiadały wartość pH o charakterze kwasowym i obniżały wartość odczynu w ranie. Jest to związane między innymi z tym, że proces gojenia

ran przewlekłych jest bardzo złożonym procesem, zależnym od wielu czynników [8].

Celem badania było określenie właściwości nowoczesnych opatrunków używanych w leczeniu ran przewlekłych. Do badań wybrano pięć opatrunków włókiennych, odnośnie których wykonano:

- pomiar odczynu pH próbek nasączonych roztworem 0,9% NaCl;
- pomiar chłonności w roztworze 0,9% NaCl.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły opatrunki włókienne, które są jednym z najnowocześniejszych osiągnięć w dziedzinie leczenia ran. Badaniom zostało poddanych 5 opatrunków: Aquacel® (ConvaTec), Durafiber® (Smith & Nephew), Kliniderm® (Klinion), Exufiber® (Mölnlycke Health Care) oraz Suprasorb® Liquacel (Lohmann & Rauscher).

POMIAR ODCZYNU pH

Z opatrunków pobrano próbki o wymiarach około 20×20 mm. Analiza została przeprowadzona w roztworze soli fizjologicznej o stężeniu procentowym 0,9% NaCl. Dla każdego rodzaju opatrunku zostały przygotowane po trzy próbki. Każdy z opatrunków umieszczono w osobnym pojemniku. Następnie przy pomocy strzykawki nasączono próbki, tak aby w każdym pojemniku otrzymać proces żelowania oraz 100% absorpcję. Ewentualny nadmiar NaCl delikatnie wylewano z pojemnika.

Przeprowadzono po trzy pomiary dla każdej z próbek z użyciem dwóch różnych elektrod:

- elektroda 1 – DGi102-Mini (Mettler Toledo);
- elektroda 2 – InLab Semi-Micro-L (Mettler Toledo).

Badanie polegało na przyłożeniu i owinięciu elektrody nasączonym opatrunkiem oraz odczytaniu wyniku na pH-metrze.

POMIAR CHŁONNOŚCI

Dla każdego z opatrunków włókiennych przygotowano po dziesięć próbek o wymiarach około 30×30 mm. Podczas pomiaru temperatura otoczenia wynosiła 22°C. Pomiar chłonności został przeprowadzony w warunkach laboratoryjnych według norm PN-EN ISO 62:2008 oraz PN-EN ISO 4611:2008 [9, 10]. Probki były ważone za pomocą elektronicznej wagi laboratoryjnej z dokładnością do czwartego miejsca po przecinku.

Każda próbka została zważona w celu określenia masy początkowej (m_1), a następnie zanurzona w roztworze soli fizjologicznej NaCl o stężeniu procentowym 0,9%. Materiał przebywał w roztworze tak długo, aż uzyskano pełną

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

Tabela 1. Pomiar pH z użyciem elektrody DGi102-Mini (Mettler Toledo).

	Elektroda DGi102-Mini (Mettler Toledo)				
	Aquacel®	Durafiber®	Exufiber®	Kliniderm®	Suprasorb®
Pomiar 1.	4,9	5,6	4,6	4,9	6,4
Pomiar 2.	4,9	5,5	4,6	4,9	6,3
Pomiar 3.	4,9	5,5	4,7	4,9	6,4

Tabela 2. Pomiar pH z użyciem elektrody InLab Semi-Micro-L (Mettler Toledo).

	Elektroda InLab Semi-Micro-L (Mettler Toledo)				
	Aquacel®	Durafiber®	Exufiber®	Kliniderm®	Suprasorb®
Pomiar 1.	4,7	5,4	4,4	4,6	6,3
Pomiar 2.	4,7	5,4	4,4	4,6	6,3
Pomiar 3.	4,6	5,4	4,3	4,6	6,3

absorpcję i strukturę żelową. Po wyjęciu z soli fizjologicznej próbkę poddano osuszeniu za pomocą ligniny. Proces ten polegał na delikatnym, chwilowym przyłożeniu próbki do powierzchni ligniny. Dzięki temu uzyskano tylko nawodnione włókna i formę żelową opatrunku. Następnie próbka została ponownie zważona w celu uzyskania masy końcowej (m_2).

Absorpcja została wyznaczona zgodnie ze wzorem:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

gdzie:

m_1 – masa początkowa próbki [g];

m_2 – masa nawodnionej próbki [g];

C – absorpcja [%].

Za dodatkową analizę absorpcji posłużył tzw. test flagi. Próba ta pokazuje, jak szybko następuje absorpcja oraz proces żelowania. Dodatkowo otrzymuje się również informacje dotyczące charakterystyki włókien. W bardzo łatwy oraz szybki sposób można porównać ze sobą badane próbki i ocenić pod względem zatrzymywania płynu w strukturze włókna.

Do przeprowadzenia próby wykorzystano mieszaninę roztworu soli fizjologicznej 0,9% roztworu NaCl i dwa barwniki spożywcze (w kolorze zielonym oraz czerwonym). Pierwszy etap doświadczenia polegał na przygotowaniu próbek dla każdego z badanych opatrunków w formie pasków o około 20 mm szerokości. Kolejnym zadaniem było przygotowanie dwóch roztworów zabarwionych przy użyciu barwników spożywczych (kolor czerwony i zielony). Ostatnim etapem badania było zanurzenie kawałka opatrunku na głębokość około 20 mm w roztworze czerwonym, a następnie w roztworze zielonym (należało zanurzyć tę samą próbkę na głębokość około 40 mm, w taki sposób, aby część zabarwiona na czerwono znalazła się całkowicie w roztworze o kolorze zielonym). Opatrunek przebywał w każdym z roztworów około trzech sekund. Po zanurzeniu próbka była osuszana poprzez położenie na ligninie.

WYNIKI

BADANIE ODCZYNU pH

W warunkach laboratoryjnych przeprowadzono po trzy próby dla każdego opatrunku przy użyciu elektrody DGi102-Mini. We wszystkich przypadkach opatrunki wykazały odczyn kwasowy. Najwyższym pH charakteryzował się Suprasorb® – około 6,4. Najniższy wskaźnik pH posiadał Exufiber® – około 4,6. Wszystkie trzy pomiary były powtarzalne. Wyniki doświadczenia przedstawiono w Tabeli 1.

W takich samych warunkach przeprowadzono drugą próbę z użyciem elektrody InLab Semi-Micro-L. Dla każdej próbki przeprowadzono po trzy pomiary.

Tak samo jak w przypadku pomiarów z użyciem elektrody DGi102-Mini, opatrunek Suprasorb® charakteryzował się najwyższym pH, które wynosiło 6,3. Exufiber® uzyskał najniższą wartość pH – 4,4. Wyniki trzech pomiarów były powtarzalne. Wyniki doświadczenia przedstawiono w Tabeli 2.

POMIAR CHŁONNOŚCI

Zebrane wartości średnie absorpcji wszystkich opatrunków zostały przedstawione na Ryc. 1. Ze wszystkich opatrunków najwyższą wartość absorpcji posiadał Aquacel®, a najniższą – Exufiber®. Odnosnie Aquacel® obserwowano około czterokrotnie większą masę – w porównaniu do opatrunku, który uzyskał najniższy wynik.

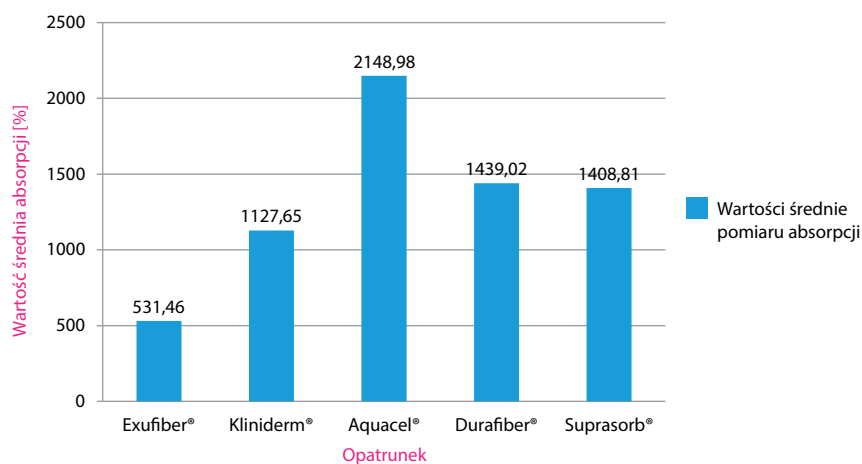
TEST FLAGI

Doświadczenie z wykorzystaniem tzw. testu flagi obrazuje, w jaki sposób roztwór jest zatrzymywany we włóknach opatrunków. Na podstawie tego testu stwierdzono, że opatrunki posiadają różne właściwości absorpcji (Ryc. 2). W próbce Aquacel® obserwowano wyraźnie duże skurczenie. Było to spowodowane tym, że podczas absorpcji cząsteczek roztworu dochodziło do zwiększenia objętości włókien i jednocześnie skrócenia ich długości. Bardzo wyraźna była granica pomiędzy kolorem zielonym i czerwonym. Świadczy to o bardzo dobrej hermetyczności włókien. W momencie, gdy doszło do pełnej absorpcji, płyn nie był uwalniany na zewnątrz. Jednakże żadna inna substancja nie może już zostać zaabsorbowana. Opatrunek Aquacel® sprawiał wrażenie najbardziej przejrzystego ze wszystkich badanych próbek.

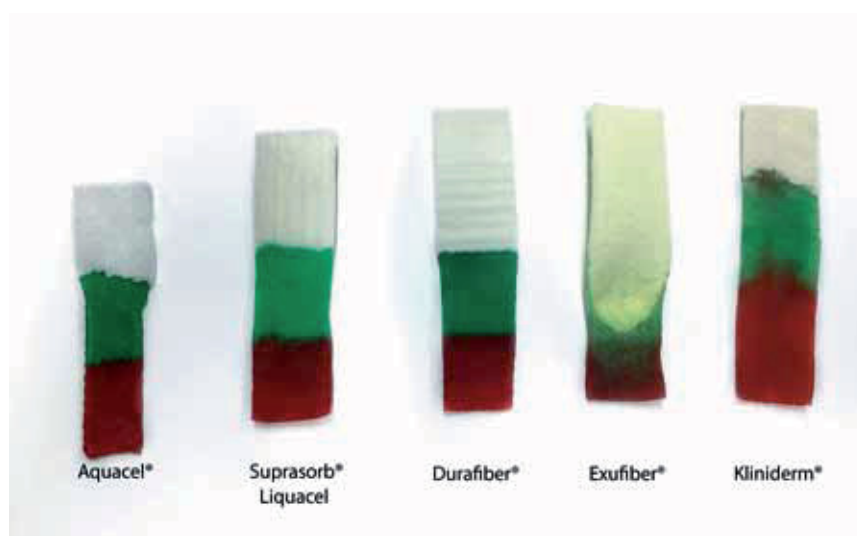
Dokonując obserwacji drugiego opatrunku – Suprasorb® Liquacel – stwierdzono, że skurcz włókien występuje w bardzo małym stopniu. Nie zaobserwowano wyraźnie zarysowanej granicy na całej długości próbki pomiędzy kolorem zielonym a czerwonym. Mogło to być spowodowane tym, że proces żelowania nie zachodził natychmiastowo, a czas

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

Ryc. 1. Wartości średnie absorpcji badanych opatrunków.



Ryc. 2. Opatrunki po przeprowadzonym teście flagi.



trwania próby nie był wystarczający, aby uzyskać w pełni nawodnione włókna.

Opatrunek Durafiber® – podobnie jak Aquacel® – uległ skurczeniu. Zaobserwowano granicę pomiędzy dwoma kolorami. Świadczy to również o dobrych właściwościach pochłaniania roztworu i szybkim „zamykaniu” go w strukturze włókna.

Odnosnie opatrunku Exufiber® zaobserwowano, że czas do uzyskania pełnej formy żelowej był znacznie dłuższy niż w przypadku innych opatrunków. Obydwa barwniki zmieszły się ze sobą. Odnotowano również, że w przypadku tego opatrunku w absorpcji początkowo nie brała udziału cała powierzchnia. Proces ten zaczynał się na skrajnych krawędziach.

Znaczne różnice we właściwościach absorpcyjnych stwierdzono odnośnie Klinidermu® i Aquacelu®. Opatrunki te są wykonane z tego samego materiału. W przypadku próbki Kliniderm® zaobserwowano, że barwnik czerwony wyraźnie miesza się z barwnikiem zielonym. Nie stwierdzono skurczu włókien. Dodatkowo zauważono, że poziom na którym znajduje się kolor zielony jest wyższy, niż w przypadku innych opatrunków. Wynika to z silnej absorpcji pionowej, którą charakteryzuje się ten opatrunek.

OMÓWIENIE

Proces leczenia ran jest skomplikowany i złożony. Ponieważ opatrunki posiadają charakter kwasowy, znacząco wpływają na poprawę i szybkość gojenia się ran. Jak podaje Gethin, środowisko ran przewlekłych charakteryzuje się pH o odczynie zasadowym [8]. Często jest to związane z infekcją bakteryjną. Bakterie dobrze rozwijają się w środowisku o charakterze zasadowym. Wraz z gojeniem się rany, jej odczyn zmienia się w kierunku obojętnym, aż w końcu staje się kwasowy. W związku z tym opatrunki posiadające odczyn kwasowy będą korzystnie wpływać na szybkość i jakość procesu leczenia.

Na istotne znaczenie odczynu pH podczas leczenia ran wskazują także Schneider i wsp. [11]. Konkluzja tych autorów jest następująca: wartość pH, która jest zmienna podczas kolejnych etapów gojenia, jest jednym z kluczowych czynników mających wpływ na powodzenie w leczeniu. Jednakże wszyscy jednogłośnie podkreślają pozytywny wpływ kwasowego środowiska na przyspieszenie leczenia. Dlatego też opatrunki, które posiadają taki charakter, powinny wywierać pozytywny wpływ na proces gojenia.

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

Otrzymane wyniki chłonności mogą świadczyć o trwałości opatrunku. W przypadku ran bardziej sączących opatrunków, który posiada większą chłonność, może być rzadziej zmieniany. Dodatkowo zmniejsza to ryzyko mechanicznego uszkodzenia nowo powstałych tkanek podczas wymiany. Częstość zmian może również wpłynąć na koszty ponoszone przez pacjenta.

Dokonując przeglądu literatury, nie napotkano podobnych badań, które równocześnie opisywały i porównywały ze sobą właściwości absorpcji opatrunków Aquacel®, Kliniderm®, Suprasorb® Liquacel, Exufiber® i Durafiber®, dlatego nie można porównać otrzymanych wyników z inną literaturą.

Test flagi świadczy o tym, że – w przypadku opatrunków Aquacel® i Suprasorb® – jeżeli dochodzi do absorpcji roztworu w strukturę włókien, to nie jest on uwalniany na zewnątrz. Proces ten zachodzi bardzo szybko.

Jak podają Walker oraz Parsons, ilość i szybkość pochłanianego wysięku przez opatrunek ma bardzo duże znaczenie podczas leczenia [12]. Jeżeli ten proces będzie zbyt szybki, dojdzie do wysuszenia podłoża rany, co wyklucza teorie Wintera i Turnera dotyczące wilgotnego środowiska w leczeniu ran. Natomiast jeżeli opatrunek będzie za wolno wchłaniał wysięk, rozwiną się niepożądane zjawiska, takie jak maceracja oraz ogólne pogorszenie stanu rany. Opatrunki włókiennicze żelują prawie natychmiast, ale ilość pochłanianego wysięku jest ściśle związana z ilością produkowanego wysięku i – jak podaje Walker i Parsons – jest to zjawisko bardzo korzystne [12]. Opatrunki takie utrzymują wilgotne środowisko, a dodatkowo składają się w większości z cząsteczek wody – tak samo jak organizm człowieka. Dlatego dobre właściwości pochłaniające, zdolności kontrolowania wysięku, szczelne przyleganie do dna rany oraz zmniejszenie przemieszczania się płynu są kluczowe podczas leczenia. Żelowanie zapobiega również wyciekowi wysięku na skórę otaczającą ranę i jej maceracji. Jest to wysoce niekorzystny proces powodujący przewodnienie komórek biorących udział w procesach naprawy i gojenia ran [13].

WNIOSKI

1. Na podstawie badań odczynu pH stwierdzono, że każdy z opatrunków posiadał odczyn kwasowy. Zmierzone wartości pH mieściły się w przedziale 4,3–6,3. Pomimo iż wszystkie opatrunki były włókiennicze i działały w podobny sposób, to każdy z nich posiadał inną wartość pH. Była ona jednak mniej lub bardziej kwasowa, zbliżona do prawidłowego poziomu pH gojącej się rany.

2. Badanie absorpcji wykazało duże różnice we właściwościach chłonnych opatrunków. Aquacel® jako najlepszy charakteryzował się najlepszą chłonnością. Natomiast Exufiber® był najcięższy, a wynik absorpcji tego opatrunku był prawie cztery razy mniejszy niż w przypadku opatrunku Aquacel®.
3. Kolorowy tzw. test flagi zobrazował właściwości chłonne włókien poszczególnych opatrunków. Bardzo dobrze widoczny był skurcz opatrunku Aquacel®, wskazujący na duże właściwości pochłaniające opatrunku. W przypadku próbek Aquacel® oraz Durafiber® obserwowano wyraźną granicę pomiędzy kolorem czerwonym i zielonym. Świadczy to o bardzo dobrej hermetyczności włókien, inaczej sekwestracji. Podobnie zachowywał się opatrunek Suprasorb® Liquacel. Exufiber® potrzebował znacznie więcej czasu w porównaniu z innymi, aby wytworzyć strukturę żelową. W przypadku opatrunku Kliniderm® widoczna była bardzo silna absorpcja pionowa, o czym między innymi świadczy całkowite, wzajemne mieszanie się barw.

KONFLIKT INTERESÓW: nie zgłoszono.

PIŚMIENNICTWO

1. Winter GD. Formation of the scab and the rate of epithelization of superficial wounds in the skin of young domestic pig. *Nature* 1962;193:293–294.
2. Fergal D. European perspectives on biomaterials for health. *EWMA Journal* 2015;15(1):54–58.
3. Turner TD. The development of wound management products. *Wounds* 1989;1(3):155–171.
4. Walker M, Hobot JA, Newman GR, Bowler PG. Scanning electron microscopic examination of bacterial immobilization in a carboxymethyl cellulose (Aquacel®) and alginate dressings. *Biomaterials* 2003;24(5):883–890.
5. Waring MJ, Parsons D. Physico-chemical characterisation of carboxymethylated spun cellulose fibres. *Biomaterials* 2001;22(9):903–912.
6. Sopata M. Nowoczesne sposoby profilaktyki i leczenia odleżyn. In: de Walden-Galuszko K, Ciałkowska-Rysz A (eds). *Medycyna Paliatywna*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2015, pp. 194–213.
7. Wilson M, Henry M, Quill R, Byrne P. The pH of varicose ulcer surface and its relationship to healing. *VASA* 1979;8:339–342.
8. Gethin G. The significance of surface pH in chronic wounds. *Wounds UK* 2007;3(3):52–56.
9. Norma PN-EN ISO 62:2008. Tworzywa sztuczne. Oznaczanie absorpcji wody.
10. Norma PN-EN ISO 4611:2008. Tworzywa sztuczne. Oznaczanie wpływu działania wilgoci i ciepła, rozpylonej wody oraz mgły solnej.
11. Schneider LA, Korber A, Grabbe S, Dissemond J. Influence of pH on wound-healing: a new perspective for wound-therapy? *Arch Dermatol Res* 2007;298(9):413–420.
12. Walker M, Parsons D. Hydrofiber® technology: its role in exudates management. *Wounds* 2010;6(2):31–38.
13. Chadwick P, McCardle J. Open, non-comparative, multicentre post clinical study of the performance and safety of a gelling fibre wound dressing on diabetic foot ulcers. *J Wound Care* 2016;25(5):290–300.