

Zastosowanie opatrunków aktywnych w praktyce klinicznej

**Bartłomiej Grobelski^{1(B,D,E,F)}, Shiar Agata Kassassir^{2(B,D,E,F)},
Zbigniew Pasięka^{3(B,D,E,F)}**

¹ Zakład Chirurgii Doświadczalnej Uniwersytetu Medycznego, Łódź, Polska

² Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. M. Kopernika, Łódź, Polska

³ Klinika Chirurgii Doświadczalnej Uniwersytetu Medycznego, Łódź, Polska

STRESZCZENIE

Opatrunki aktywne to nowy rodzaj opatrunków, który pod wieloma względami różni się od opatrunków klasycznych. Podobnie jak opatrunki standardowe stanowią one barierę chroniącą ranę przed drobnoustrojami i zabrudzeniami, ale biorą ponadto aktywny udział w gojeniu się rany. Udział w fizjologicznym procesie gojenia się rany zawdzięczamy zastosowaniu nowych materiałów o specyficznych właściwościach, takich jak: hydrożele, celuloza bakteryjna, polimery. Opatrunki aktywne skracają proces gojenia, co powoduje lepsze efekty terapii. Opatrunki te spełniają funkcję klasycznych opatrunków stanowiąc barierę chroniącą ranę przed zabrudzeniami, a jednocześnie wykazują własności bakteriostatyczne i bakteriobójcze. Utrzymują prawidłową wilgotność rany, nie przylegając do gojących się tkanek

Obserwujemy nieustające prace nad wytwarzaniem nowych i udoskonalaniem dotychczas stosowanych opatrunków. Efektem tego jest bardzo duży asortyment dostępnych nowych środków i materiałów. Aby swobodnie się nimi posługiwać potrzebna jest znajomość ich specyficznych właściwości. Celem naszej pracy było przybliżenie teoretycznych podstaw ich działania i ustalenie wskazań do ich stosowania, co ułatwi ich użycie w codziennej praktyce.

Słowa kluczowe: opatrunek, opatrunki aktywne, opatrunki klasyczne, proces gojenia

WSTĘP

Raną nazywamy każde przerwanie ciągłości tkanek lub naruszenie jej fizycznej spójności. W zależności od mechanizmu powstawania rozróżnia się rany cięte, klute, postrzałowe, tłuczone, szarpane oraz kłusane. Istnieją także pewne rodzaje ran powstające w wyniku innych procesów chorobowych np. owrzodzenie żylakowe, owrzodzenie troficzne, owrzodzenie neuropatyczne [1,2,3,4].

Leczenie ran stanowiło od niepamiętnych czasów istotny element medycyny. Narodziła się dziedzina medycyny zwana desmurgią (z j. grec. demos – więź oraz ergon – dzieło, praca), czyli nauka zajmująca się sposobem zaopatrywania ran oraz materiałami i substancjami mającymi zastosowanie w opatrunkach. Już w starożytnym Egipcie stosowano eteryczne olejki, o których obecnie wiemy, że działają bakteriobójczo oraz bakteriostatycznie. W starożytnej Grecji do zszywania ran używano złotych igieł oraz jedwabnych nici. Lister po wprowadzeniu dezynfekcji karbolem narzędzi chirurgicznych, rąk oraz materiałów opatrunkowych zmniejszył liczbę zgonów związanych z zakażeniami przyrannymi.

Badania mające na celu przyspieszenie procesu gojenia i zmniejszenie ryzyka wystąpienia niepożądanego powikłań trwają do dziś. Istotną zmianą w podejściu do tematu było odkrycie Wintera, który wykazał, że procesy epitelializacji (narastania nowych komórek skóry) ulegają znacznemu przyspieszeniu, gdy rana pokryta jest opatrunkiem utrzymującym wilgoć [5]. Do tego momentu sądzono, że ciągle osuszanie rany przez stosowanie tradycyjnych opatrunków (gazy, bandaże) zapewnia optymalne warunki gojenia. Od ponad 30 lat trwają prace nad nowymi materiałami, które mogłyby znaleźć zastosowanie w nowoczesnej desmurgii. Dzięki nowym technologiom powstały tzw. opatrunki aktywne zapewniające odpowiednie środowisko w obrębie rany przyspieszające mechanizmy odbudowy tkanek [6,7]. Do nowoczesnych opatrunków aktywnych stosowanych w medycynie zaliczamy opatrunki zawierające algi, hydrożele, kwas hialuronowy, kolagen, półprzepuszczalne membrany, srebro oraz celulozę bakteryjną [8,9,10,11,12].

Celem pracy jest przegląd najnowszych dostępnych opatrunków aktywnych uwzględniający ich właściwości oraz próba określenia wskazań do ich stosowania przy leczeniu różnych rodzajów ran, uwzględniając ich charakter i fazę gojenia, w jakiej znajduje się rana. Mamy nadzieję, że nasze opracowanie ułatwi stosowanie nowych środków opatrunkowych w codziennej praktyce lekarskiej.

PROCES GOJENIA SIĘ RANY

W następstwie zadziałania czynnika wywołującego naruszenie fizycznej spójności tkanek organizm uruchamia mechanizmy mające na celu osiągnięcie stanu hemostazy i odbudowę ciągłości powłok. Zrozumienie fizjologii procesów naprawczych ran pomaga w skuteczniejszym ich leczeniu.

Wyróżnia się trzy fazy gojenia rany: fazę oczyszczania, fazę proliferacji oraz fazę dojrzewania rany. W pierwszym etapie dochodzi do agregacji płytek krwi w pobliżu uszkodzonych naczyń krwionośnych, które wydzielają czynniki chemotaktyczne i wzrostowe dla komórek zapalnych, aktywując dopełniacz oraz inicjując tworzenie się skrzepu. Lokalne zakończenia nerwowe stymulują rozszerzenie naczyń krwionośnych ułatwiając migrację i chemiotrakcję komórek odpowiedzi immunologicznej. Drobnoustroje oraz tkanki nekrotyczne ulegają fagocytozie przez makrofagi. Pojawia się wysięk. Wydzielane w dużych ilościach chemotaktyny i czynniki wzrostu są mediatorami ziarninowania i epitelializacji. Do opisanych procesów dochodzi w pierwszych minutach po zranieniu.

Na drugą fazę (proliferacyjną) składają się dwa procesy: ziarninowanie, czyli wypełnianie ubytku w tkankach oraz proces naskórkowania. Pod wpływem czynników wzrostu dochodzi do przekształcenia komórek mezenhymalnych i fibrocytów w fibroblasty, które rozpoczynają produkcję macierzy pozakomórkowej, kolagenu oraz proteoglikanów. Rozpoczyna się proces angiogenezy. Keratynocyty, które napłynęły w okolice rany rozpoczynają epitelializację. Ten etap trwa do ok. 2 tygodni.

Ostatnią fazą jest dojrzewanie rany, kiedy to zagojona już rana przebudowuje się, aby uzyskać wytrzymałość jak najbardziej zbliżoną do nieuszkodzonej tkanki. Dochodzi do apoptozy fibroblastów i regresji mechanizmów wytwórczych. Procesy te ulegają zakończeniu w ciągu roku od zranienia [1,4,13].

W ranach przewlekłych, takich jak owrzodzenia lub odleżyny proces gojenia przebiega znacznie trudniej. Prawidłowa i szybka interwencja medyczna przyspiesza ten proces oraz przywraca prawidłowe mechanizmy naprawcze [14,15].

OPATRUNKI AKTYWNE

Opatrunki aktywne to nowa klasa opatrunków, która pod wieloma względami różni się od opatrunków klasycznych. Podobnie jak opatrunki standardowe, stanowią one barierę chroniącą ranę przed drobnoustrojami i zabrudzeniami, ale biorą ponadto aktywny udział w gojeniu się rany. Udział w fizjologicznym procesie gojenia się rany zawdzięczamy zastosowaniu nowych materiałów o specyficznych wła-

ściwościach. Opatrunki aktywne skracają proces gojenia, co powoduje lepsze efekty terapii [6,16]. Opatrunki aktywne spełniają funkcję klasycznych opatrunków stanowiąc barierę chroniącą ranę przed zabrudzeniami, a jednocześnie wykazują własności bakteriostatyczne i bakteriobójcze. Utrzymują prawidłową wilgotność rany, nie przylegając do gojących się tkanek. Umożliwiają stałą wymianę gazową i zapewniają stałą temperaturę. Mogą posiadać własności stymulowania gojenia się rany. Opatrunki te spełniają warunek nietoksyczności i niekancerogenności.

Najważniejszą cechą odróżniająca opatrunki aktywne od klasycznych jest zdolność do utrzymywania stałej i prawidłowej wilgotności w obrębie rany. Stanowi to podstawę nowego standardu leczenia ran. Wilgotny opatrunek eliminuje nadmiar wysięku i produkty rozpadu tkanek, co ułatwia formowanie blizny [3]. Środowisko wilgotne niezbędne jest w prawidłowej odbudowie tkanek. W sposób naturalny tworzone jest przez wysięk, który powstaje w wyniku wzrostu przepuszczalności ścian naczyń krwionośnych. Wysięk zawiera składniki osocza: granulocyty, limfocyty, włókniki oraz czynniki odżywcze. Substancje te pokrywając ranę zapewniają właściwy wzrost tkankowy i stanowią podłoże umożliwiające rozwój ziarniny, co w konsekwencji gwarantuje prawidłowy przebieg naskórkowania [17,18].

Opatrunek aktywny utrzymujący wilgotne środowisko nie przylega do rany. Poprzez wilgotną ochronę zakończeń nerwowych opatrunek zapobiega ich podrażnieniu i umożliwia bezbolesną zmianę opatrunku [19]. W takim środowisku odbudowa tkanek przebiega bez powstawania zbędnych zrostów łączących tkanek z opatrunkiem. Ułatwiona jest wymiana gazowa, co przyspiesza procesy gojenia związane z udziałem dinukleotydu nikotynamidoadeninowego (NADPH) i zapobiega rozwojowi beztlenowej flory bakteryjnej. Winter, Hilman i Maibach udowodnili, że rany, w których zostało zachowane środowisko o prawidłowej temperaturze i wilgotności goją się szybciej i w bardziej uporządkowany sposób [20].

Opatrunki aktywne mogą być czymś więcej niż tylko fizyczną barierą oddzielającą ranę od środowiska zewnętrznego. Wzbogacone substancjami bakteriostatycznymi i bakteriobójczymi jak np. glicerolem, bądź cząsteczkami srebra [21,22] opatrunki aktywne mogą czynnie chronić ranę przed infekcjami. Mogą być stosowane na rany rozległe i pierwotnie zakażone, oraz mogą być zmieniane rzadziej niż opatrunki klasyczne.

Materiały użyte do produkcji opatrunków aktywnych mają różne właściwości. Wszystkie one użyte są w ilościach nieszkodliwych dla organizmu i nie wywołują reakcji alergicznych. Są fizjologicznie ak-

tywne i stymulują gojenie ran m.in. poprzez pobudzenie do wzrostu fibroblastów i zwiększenie napływu granulocytów obojętnochłonnych do rany.

Od momentu wprowadzenia opatrunków aktywnych wyróżnia się dwa możliwe schematy postępowania w leczeniu ran. Klasyczny schemat polegał na: oczyszczeniu rany, osłonięciu przed dodatkowymi urazami oraz zainfekowaniem i stałym osuszaniu rany. Wymaga to częstych zmian opatrunków i łączy się z bólem zadawanym pacjentowi, oraz w efekcie, przedłuża proces gojenia [6]. Nowoczesny schemat leczenia ran, wykorzystujący opatrunki aktywne, to: oczyszczanie rany z tkanek martwiczych, ochrona przed zakażeniem i utrzymywanie środowiska wilgotnego. Opracowanie pierwszych opatrunków aktywnych w latach 80-tych ubiegłego wieku pozwoliło na stworzenie nowego standardu w leczeniu ran [6,19].

RODZAJE OPATRUNKÓW AKTYWNYCH

Śledząc aktualne piśmiennictwo zauważyć można stały rozwój i udoskonalanie opatrunków aktywnych. Ciągłe udoskonalanie i stosowanie coraz nowszych technologii spowodowało powstanie kilku następujących po sobie generacji opatrunków.

Do I generacji należą błony polimerowe wykonane z polietylenu. Mało przepuszczalne, zatrzymują płyny w obrębie rany oraz mogą prowadzić do rozwoju infekcji wywołanych przez bakterie beztlenowe. Do II generacji należą opatrunki częściowo przepuszczalne, które w swojej strukturze zatrzymują duże ilości wody jednocześnie umożliwiając większą wymianę gazową. Należą do nich m.in. opatrunki hydrokoloidowe i błony poliuretanowe. Do III generacji zalicza się opatrunki chroniące ranę i utrzymujące środowisko zbliżone do naturalnego wysięku. Są to m.in. hydrofilowe filmy poliuretanowe [13], hydrożele [23] hydrokoloidy, oraz inne błony biologiczne i syntetyczne [24].

Niezależnie od generacji z jakiej pochodzą opatrunki aktywne można je podzielić ze względu na materiał z jakiego są wykonane. Poza najnowszymi osiągnięciami biotechnologii, jak np. hydrożele często podstawowym materiałem wielu nowoczesnych opatrunków są te same materiały naturalne, które używa się do produkcji opatrunków klasycznych. Materiały takie jak len, bawełna i jedwab uzupełniane są substancjami aktywnymi np. impregnując je cząsteczkami nanosrebra i przez to nadaje się im cechy opatrunków aktywnych.

Liczba typów materiałów jest bardzo duża, a ich klasyfikację utrudnia fakt, że do wyprodukowania niektórych opatrunków aktywnych użyto wielu z nich jednocześnie.

TYPY OPATRUNKÓW AKTYWNYCH

Opatrunki zawierające polimery naturalne

Opatrunki alginianowe

Materiały opatrunkowe (np. Medisorb A®, Kaltostat®, Kaltogel®, Sorbsan®) charakteryzują się dużą zdolnością absorbowania płynów. Według niektórych badań chłonność sięga nawet do ilości 120-krotności własnej wagi. Zbudowane są z naturalnych polisacharydów otrzymanych z glonów morskich. Zawierają sole kwasów alginowych uzyskane z wodorostów *Laminaria digitata*. Pochłaniają wysięk, pobudzają do wzrostu fibroblasty, zwiększają odpowiedź komórkową i przyspieszają procesy krzepnięcia. Pozostające w ranie resztki żelu ulegają biodegradacji do cząsteczek glukozy, nie wywołując objawów alergicznych [25,26].

Opatrunki zawierające chitynę i jej pochodne

Materiały opatrunkowe (np. Choriochit®, Chitopak®, Hemcon®) charakteryzują się dobrą absorpcją

płynów oraz ułatwiają ziarninowanie oraz epitelializację. Chityna jest naturalną substancją zawartą w pancerzach skorupiaków. Używana jest ze względu na silne działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybiczne i przeciwwirusowe. Rzadko wywołuje odczyny alergiczne [10]. Podobnie chitozan, który jest produktem degradacji chityny. Jest on biologicznie aktywną celulozą komórkową, a właściwościami przypominającymi ludzkie włókna kolagenowe. [27,28,29].

Opatrunki Hydrokoloidowe

Materiały opatrunkowe (np. Medisorb H®, Tegasorb®, Granulflex®, Comfeel®, Hydrocoll®) zbudowane są z hydrokoloidów zawieszonych w macierzy polimerowej, są to np. karboksymetylocelulozy. Opatrunki te wchłaniają wilgoć, żelatyny i pektyny. Utrzymują stałe, wilgotne środowisko, o kwaśnym odczynie. Przez co powodują napływ granulocytów obojętnochnłonnych hamujących wzrost patogennych bakterii, aktywują fibrylizę i stymulują aktywność makrofagów. Poprzez utrzymywanie niskiego poziomu

Tab. 1. Porównanie właściwości opatrunków klasycznych i aktywnych

CECHY OPATRUNKÓW AKTYWNYCH	CECHY OPATRUNKÓW KLASYCZNYCH
<ul style="list-style-type: none"> • Skracają proces gojenia ran • Hipoalergicznie • Optymalne pH • Regulacja wysięku • Bakteriobójcze • Bakteriostatyczne • Prawidłowa termoregulacja 	<ul style="list-style-type: none"> • Mały wpływ na wysięk • Maceracja naskórka • Wydłużenie procesu gojenia • Bez wpływu na pH • Utrudniona zmiana opatrunku • Wrastanie włókniny w skrzep • Mały wpływ na termoregulację
Biorą aktywny udział w procesie gojenia	Nie biorą aktywnie udziału w procesie gojenia

Tab. 2. Podział opatrunków ze względu na materiał wykorzystany do produkcji

<p><u>POLIMERY NATURALNE:</u> POLISACHARYDY (ALGI) CHITYNA CHITIZAN CELULOZA BAKTERYJNA BIAŁKA (KOLAGEN) KWAS HIALURANOWY</p>
<p><u>POLIMERY SYNTETYCZNE:</u> POLIESTER POLIPROPYLEN POLIURETER POLIAMIDY (HYDROKOLOIDY) (HYDROŻELE)</p>
<p><u>ZAWIERAJĄCE INNE SKŁADNIKI:</u> WĘGIEL SREBRO</p>

tlenu poprawiają mikrokrążenie oraz wzmagają uwalnianie czynników aktywnych. W kontakcie z wydzielaną zwiększając objętość, tworząc miękki żel mający aktywność fibrynolityczną, naczyniotwórczą i oczyszczającą. Mają zdolność wiązania amoniaku produkowanego przez bakterie kolonizujące ranę [30].

Opatrunki celulozowe

Materiały opatrunkowe (np. Biofill®, Bioprocess®, Celmat®) zbudowane są z modyfikowanej celulozy produkowanej naturalnie przez bakterie *Gluconobacter xylinus* i zalecane są głównie do leczenia ran pooperacyjnych każdego stopnia. Znajduje zastosowanie nie tylko jako materiał opatrunkowy [31, 32], ale usiłuje się ją wykorzystać do wszczepów wewnętrznych, takich jak implanty dentystyczne (Gangiflex) [33], substytuty żyłne i siatki przepuklinowe. Jej czysta struktura i wysoka zawartość wody pozwala na doskonałe odbieranie wysięku. Ułatwia ona proliferację komórek prowadząc do gojenia ran z powstawaniem mało widocznych blizn. Chociaż sama celuloza bakteryjna nie posiada właściwości antibakteryjnych znane są jej modyfikacje z przyłączonymi cząsteczkami srebra [34]. Podkreślana jest łatwość zmieniania opatrunków celulozowych, które nie przrastają do rany. Poprzez dobre przyleganie do rany i skuteczne ograniczanie dostępu bakterii opatrunki pozwalają na uzyskanie lepszego efektu kosmetycznego i przyspieszają gojenie [29,35,36].

Opatrunki zawierające polimery syntetyczne

Opatrunki półprzepuszczalne

Materiały opatrunkowe (np. Medisorb F®, Bioclusiv®, Opsite®, Tegaderm®, Cutfilm®) zawierają błony półprzepuszczalne m.in. polipropylenowe [37]. Mają silne właściwości adhezyjne, dobrze przylegają do rany i nie przepuszczają wody i bakterii. Umożliwiają wymianę gazową i odbierają nadmiar wysięku. Ze względu na fakt, iż większość z nich jest także częściowo przezroczysta pozwalają na łatwą ocenę rany [38,39]. Istnieją także kombinacje błon półprzepuszczalnych z innymi materiałami aktywującymi procesy gojenia, dzięki czemu mogą służyć także do leczenia przyrosłych blizn i bliznowców jak np. Codosil Tricomed® [40,41].

Opatrunki hydro włókniste

Materiały opatrunkowe (np. Hydrofiber®, Aquacel®) są rodzajem hydrokolooidów o odmiennej budowie. Mają zdolność pochłaniania znacznych ilości wysięku. Wskazane są szczególnie w przypadku ran z obfitym wysiękiem i ran zakażonych. Ich zaletą jest możliwość utrzymania opatrunku na ranie bez konieczności wymiany przez bardzo długi czas, niekiedy nawet do 2 tygodni [42].

Opatrunki hydrożelowe

Materiały opatrunkowe (np. Medisorb G®, N/U Gel®, Intrasite Gel®, Granulgel®, Aquagel®) są to nierozpuszczalne polimery metakrylatu. Posiadają wy-

Tab. 3. Dobór opatrunku ze względu na rodzaj leczonej rany

Rodzaj rany	Sączące się	Przewlekłe	Zakażone	Oparzeniowe
Typ opatrunku	Opatrunki algowe Biocelulozowe Hydrowłókniste Hydrokolooidy Poliuretanowe Absorbujące Chitozanowe	Hydrowłókniste Hydrokolooidy Zawierające Ag Błony półprzepuszczalne Poliuretanowe	Zawierające Ag Zawierające chitynę/chitozan Zawierające Glicerol Hydrowłókniste Hydrokolooidy	Hydrowłókniste Hydrokolooidy Hydrożelowe Biocelulozowe Inż. Tkankowa

Tab. 4. Dobór opatrunku ze względu na fazę gojenia rany

FAZA OCZYSZCZANIA	FAZA ZIARNINOWANA	FAZA EPITELIZACJI	FAZA DOJRZEWANIA
Pianki poliuretanowe <ul style="list-style-type: none"> Preparaty zawierające algi (Medisorb A, Kaltostat, Kaltogel, Sorbsan) Preparaty zawierające węgiel aktywny (Kaltocarb, Lyofoam C) Produkt inżynierii tkankowej (Apligraf Dermagraf, Regrane) Celuloza (Celmat) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrokolooidy (Medisorb H, Egasorb, Granulflex, Comfeel, Hydrocol) Hydrożele (Medisorb G, N/U Gel, Intrasitegel, Granulgel, Aqua) Opatrunki zawierające chitynę (Choriochit, Chitopack P, Hemcon R) Opatrunki poliuretanowe (Medisorb P Lyofoam, Allozyn, Mepilex) 	<ul style="list-style-type: none"> Preparaty zawierające algi (Medisorb A Kaltostat, Kaltogel, Sorbsan) Błony półprzepuszczalne (Medisorb F Bioclusiv, Opsite, Tegaderm, Cutifilm) 	<ul style="list-style-type: none"> Celuloza (Biofill, Bioprocess), Preparaty łączące właściwości polimerów (Codosil Adhesive)

sokie zdolności chłonne zatrzymując znaczną ilość wydzieliny. Nie rozpuszczają się w ranie i jej wydzielinie. Po nałożeniu na ranę spontanicznie tworzą wilgotny mikroklimat. Nie zaleca się jednak stosowania ich w przypadku ran obficie wydzielających, ponieważ mają ograniczone właściwości chłonne. Mimo tego nadają się szczególnie dobrze do ran oparzeniowych niskiego stopnia. [8,23].

Opatrunki poliuretanowo-piankowe

Materiały opatrunkowe (np. Medisorb P®, Lyfoam®, AlloVyn®, Mepilex®) posiadają silnie absorpcyjny hydropolimer. Odbarczają ranę od nadmiaru wydzieliny i jednocześnie pobudzają jej ziarninowanie [37,43].

Opatrunki wzbogacone innymi materiałami

Opatrunki zawierające srebro

Preparaty (np. Biatanim Ag®, Atrauman Ag®, Aquacel Ag®) stanowią połączenie różnych rodzajów nowoczesnych opatrunków z aktywnymi postaciami srebra. Srebro uznawane jest za czynnik o bardzo silnym działaniu przeciwbakteryjnym, a także antywirusowym. Zabija i ogranicza namnażanie większości drobnoustrojów chorobotwórczych zarówno gram dodatnich, jak i gram ujemnych. Jony srebra wchodzi w interakcje z grupami tiolowymi enzymów i białek odpowiedzialnych za oddychanie bakterii [44]. Łączą się także ze ścianą komórkową zmieniając jej funkcjonalność [45]. Dlatego do opatrunków wzmagających gojenie ran często przyłączane jest srebro pod różnymi postaciami jako np.: srebro jonowe, metaliczne lub nanokryształy. W ten sposób opatrunki zapobiegają rozwojowi zakażenia w ranie i przyspieszają jej oczyszczenie. Można je stosować z powodzeniem również przy zakażeniu drobnoustrojami opornymi na standardowo stosowane leki [9,21,34,46].

Opatrunki absorbujące

Materiały opatrunkowe (np. Actisorb Plus®, Kaltocarb®, Lyfoam C®) stanowią połączenie aktywnego węgla z alginianem lub srebrem. Stosowane są w nekrotycznych ranach z dużym wysiękiem oraz przykrym zapachem [47,48].

Opatrunki tkankowe

Materiały opatrunkowe (np. Apligraf®, Derma-graf®, Regranex®) są oparte na inżynierii tkankowej. Wykorzystują hodowle własnych keratynocytów pacjenta. Uzyskiwane są na odpowiednich nośnikach syntetycznych lub na macierzy pozakomórkowej (ECM). Do ich produkcji używa się czynników wzrostowych, które potencjalnie mogą przyspieszać proces gojenia. np. płytkowy czynnik wzrostu (PDGF) i transformujący czynnik wzrostu-beta (TGF beta) [49,50,51].

WSKAZANIA

Duża różnorodność opatrunków aktywnych może stwarzać istotny problem w prawidłowym ich wyborze. Dostępne opatrunki różnią się pod wieloma względami. Do ich wykonania używa się różnych materiałów nadając im różne formy (pianki, filmy, gąbki, zełe). Uzyskuje się w ten sposób bardzo zróżnicowane właściwości fizyko-chemiczne. Dzięki znajomości podstawowych parametrów lekarz może prawidłowo dobierać opatrunki specyficznie do rodzaju leczonej rany. Z tego względu dokonaliśmy podziału opatrunków aktywnych, który ma ułatwić wybór opatrunku ze względu na rodzaj i fazę gojenia się rany.

Gdy nie można określić fazy gojenia, można dobrać opatrunek określić na podstawie czasu, jaki upłynął od zranienia. Należy jednak pamiętać, że wiele spośród omawianych opatrunków aktywnych można stosować do różnych typów ran [11,12,14,52,53,54].

PODSUMOWANIE

Obserwujemy nieustające prace nad wytwarzaniem nowych i udoskonalaniem dotychczas stosowanych opatrunków. Wysiłki te stymulowane są zarówno przez chęć pomocy chorym, jak i komercyjne zyski koncernów farmaceutycznych. Efektem tego jest bardzo duży asortyment dostępnych nowych środków i materiałów. Opatrunki aktywne mają za sobą zaledwie 30 lat historii, ale dzięki współczesnej biotechnologii medycyna posiada już bardzo szeroką ich gamę. Różnorodność i liczba typów materiałów do praktycznego stosowania stale rośnie. Aby swobodnie się nimi posługiwać potrzebna jest znajomość ich specyficznych właściwości. Dzięki niej możliwe jest indywidualne podejście do każdego pacjenta i każdego typu rany. W XXI wieku opatrunki aktywne powinny być standardem w leczeniu ran.

PISMIENNICTWO / REFERENCES

1. Odland G. Human Wound Repair. I Epidermal regeneration. J Cell Biol 1968; 39(1):135-51.
2. Odland G. Human Wound Repair. II Inflammatory cells. J Cell Biol 1968; 39(1):152-68.
3. Petruyte S. Advanced textile materials and biopolymers in wound management. Dan Med Bull 2008; 55(1):72-7.
4. Snyder L. Wound basics: types, treatment, and care. RN 2008; 71(8):32-6.
5. Winter GD, Scales JT. Effect of air drying and dressings on the surface of a wound. Nature 1963; 5(197):91-2.
6. Jeter KF, Tintle TE. Wound dressings of the nineties: indications and contraindications. Clin Pediatr Med Surg 1991; 8(4):799-816.

7. O'Meara S, Cullum N. Systematic reviews of wound care management: (3) antimicrobial agents for chronic wounds. *Health Technol Assess* 2000; 4(21):1-237
8. Madsen J, Armes SP, Bertal K, Lomas H, Macneil S, Lewis AL. Biocompatible wound dressings based on chemically degradable triblock copolymer hydrogels. *Biomacromolecules* 2008; 9(8):2265-75.
9. Moore RA, Liedl DA, Jenkins S, Andrews KL. Using a silver-coated polymeric substrate for the management of chronic ulcerations: the initial Mayo Clinic experience. *Adv Skin Wound Care* 2008; 21(11):517-20
10. Ong SY, Wu J, Moochhala SM, Tan MH, Lu J. Development of a chitosan-based wound dressing with improved hemostatic and antimicrobial properties. *Biomaterials* 2008; 29(32):4323-32.
11. Wasiak J, Cleland H, Campbell F. Dressings for superficial and partial thickness burns. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; (4):CD002106
12. Werdin F, Tenenhaus M, Rennekampff HO. Chronic wound care. *Lancet* 2008; 372(9653):1860-2
13. Jiang W, Wang H. Improved wound healing in pressure-induced decubitus ulcer with controlled release of basic fibroblast growth factor. *J of Alloys and Compounds* 2008 459:508-514
14. Bluestein D, Javaheri A. Pressure ulcers: prevention, evaluation, and management. *Am Fam Physician*. 2008; 78(10):1186-94.
15. Petkow L. Nowoczesne opatrunki w leczeniu przewlekłych ran i owrzodzeń podudzi ze szczególnym uwzględnieniem opatrunków hydrokoloidowych. *Przegląd Fleb* 2002; 10(4):101-105.
16. Szycher M, Lee SJ. Modern wound dressings: a systematic approach to wound healing. *J Biomater Appl*. 1992; 7(2):142-213.
17. Klingbeil CK, Hebda PA. Basic fibroblast growth factor stimulation of epidermal wound healing in pigs. *J Invest Dermatol* 1990; 95(6):626-31
18. Laplante AF, Gemain L. Mechanisms of wound reepithelialization: hints from a tissue-engineered reconstructed skin to long-standing questions. *Faseb J* 2001; 15(13):2377-89
19. Turner T. The development of wound management. *Wound* 1989; 3: 155-177.
20. Maibach H, Hinman CD. Effect of air exposure and occlusion on experimental human skin wounds. *Nature* 1963; 2(200):377-8.
21. Gaisford S. An in vitro method for the quantitative determination of the antimicrobial efficacy of silver-containing wound dressings. *International Journal of Pharmaceutics* 2009; 366(1-2):111-6
22. Veroniek M, Saegeman E, Ectors N, Lismont D, Verduyck B, Verhaegen J. Short- and long-term bacterial inhibiting effect of high concentrations of glycerol used in the preservation of skin allografts. *Burns* 2008; 34:205–211
23. Pluta J, Kaldewicz B. Hydrożele- właściwości i zastosowanie w technologii postaci leku. *Polimery w medycynie* 2004; XXXIV(2):1-31
24. Winter GD. Formation of the scab and the rate of epithelization of superficial wounds in the skin of the young domestic pig. *Nature* 1962; 193:293–4.
25. Pelesz A, Klimczak A. Physico – chemical properties of active alginate dressings *Polim Med* 2008; 38(4):3-17.
26. Thomas S. Alginate dressings In surgery and wound management. *J Wound Care* 2000; 9(2):56-60.
27. Dai T, Tegos GP. Chitosan acetate bandage as a topical antimicrobial dressing for infected Burns. *Antimicrob Agents Chemioter* 2009; 53(2):393-400.
28. Muzzarelli R. Chitins and chitosans for the repair of wounded skin, nerve cartilage and bone. *Carbohydrate Polymers*. 2009; 76:167-182
29. Xiaodan Z, Dongzhi Y. Chitosan/polyethylene glycol diacrylate films as potential wound dressing material. *Int J of Biol* 2008; 43:456-462
30. Thomas S. Hydrocolloid dressings in the management of acute wounds, a review. *Int Wound J* 2008; 5(5):602-13.
31. Czaja W., Krystynowicz A., Bielecki S. Microbial cellulose—the natural power to heal wounds *Biomaterials* 2006; 27(2): 145-151
32. Fontana JD, de Sousa AM, Fontana CK, Torriani IL, Moreschi JC, Gallotti BJ, et al. Acetobacter cellulose pellicle as a temporary skin substitute. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 1990; 4/25:253–64.
33. Jonas R, Farah LH. Production and application of microbial cellulose. *Polym Degrad Stabil* 1998; 59:101–6.
34. Maneerung T, Tokura S, Rujiravanit R. Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers* 2008; 72:43–51
35. Helenius G, Backdahl H, Bodin A, Nannmark U. In vivo biocompatibility of bacterial cellulose. *J Biomed Mater Res A* 2006; 76(2):431-8
36. Klamm D, Schumann D. Bacterial synthesized cellulose- artificial blood vessels for microsurgery. *Prog Polym Sci* 2001; 26:1561–1603.
37. Reddy T, Kaho A, Maruyama A. Synthesis and characterisation of semi-interpenetrating polymer networks based on polyurethane and N-isopropylacilamine for wound dressings. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009; 88(1):32-40
38. Chua AWC. In vitro evaluation of fibrin and Tegaderm wound dressing for the delivery of keratinocytes- implications of their use to treat burns. *Burns* 2008; 34(2):175-180.
39. Cuthbertson S. Wound management in tagged abdominal repair. *J Wound Care* 1998; 7(9):168-70.
40. Raczynski K Tricomed S.A. - Polish school of Biomaterials. *Polim Med* 2002; 32(1-2):3-12
41. Struszczyk MH, Bednarek P. Synthetic vascular prostheses. *Polim Med* 2002; 1-2:13-22
42. Habet J, Walker M. Effect of Hydrofiber wound dressing on bacterial ultrastructure. *J El Mocros* 2008; 57(2):67-75.
43. Williams C. The benefits and application of the Lyfoam product. *Br J Nurs* 1999; 10,8(11):748-9.
44. Cho KH, Park JE, Osaka T, Park SG. The study of antimicrobial activity and preservative effects of nanosilver ingredient. *Electrochimica Acta* 2005; 51:956–960.
45. Percival SL, Bowler PG, Russell D. Bacterial resistance to silver in wound care. *J of Hosp Infection* 2005; 60:1–7.

46. Rai M, Yadav A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnolog Adv* 2009; 27:76-83
47. Derbzhire A. The use of combination treatment and dressings for a traumatic wounds. *Br J Nurs* 2004; 9(22):987-93.
48. Wiliams C. Actisorb Plus. *Br J. Nurs* 1994; 3(15):786-8.
49. Edmonds M. Apligraf in the treatment of neuropathic diabetic foot ulcers. *Int J Lar Ex Wounds* 2009; 8(1):11-18
50. Ehrenreich M. Update on tissue- engineered biological dressings. *Tissue Eng* 2006; 12(9):2407-24
51. Kalyanaraman B, Boyce ST. Wound healing on athymic mice with engineered skin substitutes fabricated with keratinocytes harvested from an ant. *Bioreactors. J Surg Res* 2009; 152(2):296-302
52. Anderson I. Practical issues in the management of highly exuding wounds. *Prof Nurse* 2002; 18(3):145 8.
53. Reddy M, Gill SS, Kalkar SR, Wu W. Anderson PJ, Rochon PA. Treatment of pressure ulcers: a systematic review. *Jama* 2008; 300(22):2647-62.
54. Żmudzińska M, Czarnecka-Operacz M. Leczenie żylnych owrzodzeń podudzi– nowoczesne opatrunki. *Post Dermatol Alergol* 2006; XXIII (3):143–148.

Liczba słów/Word count: 3571

Tabele/Tables: 4

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 54

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr Bartłomiej Grobelski

*Zakład Chirurgii Doświadczalnej UM, e-mail: does@csk.umed.lodz.pl
93-513 Łódź, ul. Pabianicka 62, tel.(42) 689-51-71, fax: (42) 689-51-72*

Otrzymano / Received

16.02.2010 r.

Zaakceptowano / Accepted

02.03.2010 r.