

Wnioski

1) Otrzymano gąbki magnezowe o porowatości całkowitej ok. 70% i rozmiarze porów powyżej 500µm.

2) Impregnacja gąbek magnezowych polimerem PL(DL)LA początkowo ograniczyła resorpcję metalu przy czym stopień zabezpieczenia materiału był zależny od liczby cykli oraz prędkości zanurzenia w roztworze polimeru.

3) Zastosowany rodzaj polimeru oraz parametry procesu immersji nie zabezpieczają w dostatecznym stopniu powierzchni metalu przed korozją. Po czterech tygodniach inkubacji obserwuje się degradację kompozytów.

Podziękowania

Praca finansowana w ramach projektu nr 11.11.160.367.

Piśmiennictwo

- [1] Mark P. Staiger, Alexis M. Pietak, et al. Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials: A review, *Biomaterials* 2006, 27: 1728–1734.
- [2] B Heublein, R Rohde, V Kaese, M Niemeyer, W Hartung, A Haverich: Biocorrosion of magnesium alloys: a new principle in cardiovascular implant technology. *Heart* 2003;89:651-656.
- [3] B Denkena, F Witte, C Podolsky, A Lucas: Degradable implant of magnesium alloys. Proc. of 5th Euspen International Conference, Montpellier, France 2005.

Conclusions

1) Magnesium sponges with total porosity averaged about 70% and size pores above 500µm were obtained.

2) Magnesium sponges immersed with the polymer such as PLDLA limited originally metal resorption. The level of material protection depended on immersion velocity and number of cycles.

3) Polymer used and parameters of the immersion did not protect a metal surface against the corrosion sufficiently. After four weeks of incubation the composite's degradation was observed.

Acknowledgements

This work was financially supported by the project No. 11.11.160.367.

References

- [4] Park JB, Kim YK. Metallic biomaterials. In: Park JB, Bronzino JD, editors. *Biomaterials principles and application*. Boca Raton: CRC Press; 2003.
- [5] Huang J J, Yang K. Research on magnesium alloys for biomedical applications. *Materials Review*, 2006, 20(4): 67–69 (In Chinese).
- [6] Huang J J, Ren Y B, Zhang B C, et al. Study on biocompatibility of magnesium and its alloys. *Rare Metal Materials and Engineering*, 2007, 36: 1002–1005.

WŁÓKNA W MEDYCYNIE I W INŻYNIERII BIOMATERIAŁÓW – PRZEGLĄD ZASTOSOWAŃ

IZABELLA RAJZER*, JOANNA GRZYBOWSKA-PIETRAS, JAROSŁAW JANICKI

ATH AKADEMIA TECHNICZNO-HUMANISTYCZNA, WYDZIAŁ NAUK O MATERIAŁACH I ŚRODOWISKU, INSTYTUT INŻYNIERII TEKSTYLÓW I MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH, UL. WILLOWA 2, 43-309 BIELSKO-BIAŁA, POLSKA

* E-MAIL: IPIEKARC@YAHOO.E5

Streszczenie

Zastosowanie włókien oraz wyrobów włókienniczych w medycynie wzrosło intensywnie na przestrzeni ostatnich lat. Obecnie włókna i biotekstylija wykorzystywane są niemal we wszystkich dziedzinach związanych z medycyną i ochroną zdrowia. Materiały włókniste stosowane są zarówno jako tzw. „materiały do użytku zewnętrznego” czyli między innymi specjalistyczna odzież ochronna jak również w postaci artykułów higienicznych, materiałów opatrunkowych, w urządzeniach pozaustrojowych oraz jako materiały implantacyjne, stykające się bezpośrednio z tkankami pacjenta. W pracy przedstawiono przegląd zastosowań włókien i materiałów włóknistych w medycynie i inżynierii biomateriałów.

Słowa kluczowe: tekstyilia medyczne, biomateriały, implanty włókniste

[*Inżynieria Biomateriałów, 81-84, (2008), 93-97*]

FIBERS IN MEDICINE AND BIOMATERIALS ENGINEERING – REVIEW OF APPLICATIONS

IZABELLA RAJZER*, JOANNA GRZYBOWSKA-PIETRAS, JAROSŁAW JANICKI

ATH UNIVERSITY OF BIELSKO-BIALA, FACULTY OF MATERIALS AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, INSTITUTE OF TEXTILE ENGINEERING AND POLYMER SCIENCE, 2 WILLOWA STR., 43-309 BIELSKO-BIALA, POLAND

* E-MAIL: IPIEKARC@YAHOO.E5

Abstract

The use of fibres and textiles in medicine has grown dramatically within the last years. Nowadays the application of fibres and biotextiles is widespread and covers all aspects of medicine and health care. Medical textiles are used widely as: “materials for external application”, such as protective healthcare garments, hygiene products, wound dressing materials, extracorporeal devices, and as implantable textile, which has a direct contact with patient tissues. In this work an introduction to fibre and textile will be presented along with a discussion of application areas.

Keywords: medical textiles, biomaterials, fibrous implants

[*Engineering of Biomaterials, 81-84, (2008), 93-97*]

Dynamiczny rozwój nowych technologii w połączeniu z postępiem i rosnącymi wymaganiami w dziedzinie medycyny sprawił, że tekstylia stanowią niezwykle obiecującą grupę materiałów dla zastosowań medycznych. Obecnie możliwa jest produkcja włókien nie tylko o różnorodnych właściwościach fizyko-chemicznych zapewniających komfort i bezpieczeństwo pacjenta czy personelu medycznego lecz również wytwarzane są włókna o specyficznych właściwościach biologicznych pozwalających na szybszą regenerację uszkodzonych tkanek czy organów.

W zależności od przeznaczenia materiały włókniste mogą być wytwarzane w formie: dzianin, włóknin, tkanin, plecionek, siatek bądź włókien stanowiących fazę wzmacniającą kompozyty [1-4].

Możliwość modyfikacji powierzchni włókien, jak również wprowadzania wypełniaczy w formie nanometrycznej (nanocząstek ceramicznych, nanoproszków metalicznych lub nanorurek), pozwala uzyskać materiały o polepszonych właściwościach wytrzymałościowych, termicznych oraz zwiększonej odporności na działanie czynników zewnętrznych. Modyfikacja włókien poprzez zastosowanie dodatków o większych rozmiarach niż nanometryczne, takich jak mikrosfery lub mikrokapsuły, wypełnionych związkami chemicznymi wykazującymi zdolność stopniowego ich uwalniania, pozwala na uzyskanie materiałów o polepszonych właściwościach biologicznych oraz o właściwościach antybakteryjnych czy antygrzybiczych.

Materiały włókniste w medycynie

Materiały włókniste wykorzystywane w medycynie, ze względu na zastosowanie można podzielić na dwie grupy: I. Materiały włókniste nieimplantacyjne takie jak:

1. Materiały przeznaczone na specjalistyczną odzież ochronną oraz wyposażenie sal operacyjnych,
 2. Materiały włókniste kontaktujące się z skórą pacjenta, artykuły higieniczne
 3. Materiały włókniste wykorzystywane w urządzeniach i aparaturze medycznej
- II. Materiały włókniste przeznaczone na implanty
1. Nici chirurgiczne
 2. Implanty tkanki miękkiej
 3. Implanty tkanki twardej
 4. Podłoża tkankowe

I. Materiały włókniste nieimplantacyjne

Pierwszą najbardziej popularną grupę tekstyliów stosowanych w medycynie stanowią włókniste materiały nieimplantacyjne.

Wśród tej grupy materiałów włóknistych znajdują się tekstylia przeznaczone na specjalistyczną odzież medyczną, bieliznę szpitalną o zwiększonej odporności na rozwój drobnoustrojów chorobotwórczych, elementy wyposażenia sal operacyjnych (odzież, chusty chirurgiczne) czy pokrycia materacy szpitalnych.

Przy produkcji anty-odleżynowych pokryć materaców szpitalnych czy też podkładów higienicznych stosowane są między innymi dzianiny na bazie poliestru/bawełny powlekane polichlorkiem winylu czy poliuretanem. Dla chorych leżących istotne jest utrzymanie skóry w jak najlepszym stanie. Dzięki zastosowaniu dzianin posiadających doskonałe właściwości takie jak wodoszczelność czy paroprzepuszczalność (materiały „oddechające”) możliwe jest zapewnienie pacjentom uczucia zwiększonego komfortu.

W warunkach klinicznych występuje konieczność noszenia przez personel medyczny antybakteryjnych ubrań

Introduction

The dynamic development of new technology coupled with the progress and growing demands of medicine have all caused textile materials to have taken on the role of an especially promising group of materials for medical applications. Nowadays, it is possible to manufacture fibres with not only diverse physical and chemical properties that ensure the comfort and safety of the patient or the medical staff, but also fibres are produced with special biological properties enabling faster regeneration of damaged tissues or organs.

Depending on the purpose, fibrous materials can be produced in the following forms: knitted fabrics, non-woven fabrics, woven fabrics, plaited fabrics or fibres for the reinforcement of composites [1-4].

The potential for fibre surface modification, or for the inclusion of additives in nanometric forms (ceramics nanoparticles, metallic nanopowders or nanotubes) makes it possible to obtain materials with improved strength, thermal properties and increased resistance to the outdoor factors. Modification of fibres through the use of additives Langer than the nanometric scale, such as microspheres or microcapsules filled with chemical compounds, with gradual release abilities, makes it possible to obtain materials with improved biological properties, as well as better antibacterial or antifungal properties.

Fibrous materials in medicine

Fibre and its products, used in the medical field, according to their medical applications can be divided in two groups:

I. Non-implantable fibrous materials such as:

1. Fibrous materials for protective healthcare garments and operating theatre equipment
2. Fibrous materials which may have contact with skin, hygiene products
3. Fibrous materials used in extracorporeal devices

II. Implantable textiles

1. Sutures
2. Soft tissue implant
3. Hard tissue implants
4. Tissue scaffolds

I. Non-implantable fibrous materials

The first, most common group of textiles used in medicine are non-implantable fibrous materials. That group of fibrous materials includes textiles designed for specialized medical wear, hospital linen with improved resistance to the development pathogenic micro-organisms, operating room equipment (clothing, surgical cloths) or hospital mattress covers.

The manufacturing process of antibedsore mattress covers or hygiene incontinence sheets includes using PVC- or polyurethane-covered polyester/cotton-based knitted materials. For lying patients, it is essential to maintain their skin in the best condition possible. Due to the use of knitted materials with superb properties such as water resistance or water vapour permeability (“breathable” materials), it is possible to provide patients with a sense of increased comfort.

In clinical conditions, there is a need for the medical staff to wear antibacterial clothes, facemasks and to use antibacterial hospital bed linen. Such applications usually require the use of unwoven fabrics (usually for single-use materials) and cloth (reusable materials).

Surgical masks are designed to protect the patient from staff-spread contagious factors and, in some situations, they protect the staff from the infiltration of potentially contagious

i masek oraz konieczność stosowania antybakteryjnej pościeli szpitalnej. Do takich zastosowań najczęściej używane są włókniny (zazwyczaj na materiały jednorazowego użytku) oraz tkaniny (materiały nadające się do wielokrotnego użycia).

Maska chirurgiczna służy do ochrony pacjenta przed rozprzestrzenianymi przez personel czynnikami zakaźnymi oraz w pewnych sytuacjach chroni personel przed przesiąkaniem potencjalnie zakaźnych płynów. Również fartuchy chirurgiczne i okrycia ochronne muszą stanowić barierę dla zakażenia. Oznacza to, że w czasie użytkowania nie mogą przepuszczać płynów i mikroorganizmów, tzn. muszą wytrzymać odpowiednie ciśnienie, które może być wywierane na fartuch podczas zabiegu [5]. Materiały, z których obecnie są wykonywane fartuchy i obłożenia, są różnorodne: tkaniny (naturalne i syntetyczne), włókniny, włókniny laminowane. Zazwyczaj na okrycia ochronne dla lekarzy i personelu medycznego stosowane są włókna celulozowe, z polietylenu, polipropylenu lub bawełniane. Często włókna te są modyfikowane poprzez wprowadzanie do płynów przewodzących środków antybakteryjnych lub poprzez wprowadzanie na etapie wytwarzania włókien do tworzywa włóknotwórczego, związków metali o charakterze antybakteryjnym. Powszechnie wiadomo, że większość zakażeń występuje podczas zabiegu operacyjnego, poprzez przedostanie się mikroorganizmów do otwartej rany, dlatego powłoki antybakteryjne stosowane są również na chustkach chirurgicznych w celu zmniejszenia ryzyka zanieczyszczenia rany [2].

Materiały włókniste zaliczane do tej grupy, powinny być łatwe w utrzymaniu czystości i dezynfekcji, muszą to być materiały niealergizujące, antyelektrostatyczne, antygrzybiczne oraz odporne na przenikanie płynów.

Biotekstylija odgrywa również ważną rolę w leczeniu ran. Drugi rodzaj materiałów nieimplantacyjnych stosowanych w medycynie stanowią materiały kontaktujące się ze skórą pacjenta [19]. Są to materiały opatrunkowe (bandaże, opaski uciskowe, gazy, plastry) oraz artykuły higieniczne (pieluchy jednorazowego użytku, chusteczki itp.). Zazwyczaj na bandaże elastyczne stosowane są włókna z poliuretanu (tzw. spandex). W Polsce stosuje się włókna z wysokoelelastycznej przędzy poliuretanowej i poliamidowej [6]. W produkcji środków higienicznych dla kobiet stosowane są włókna celulozowe. Natomiast opatrunki produkuje się z włókien z polimerów naturalnych np. takich jak bawełna, chitozan, często spotykane są opatrunki alginianowe - posiadające zdolność oczyszczania ran z drobnoustrojów (Kaltostat, Kaltogen, Sea Sorb, AlgisiteM, Sorbalgon, Sorbsan) poliuretanowe - mające zdolność pochłaniania dużej ilości wysięgu (Allewin, Allewin cavity, Lyofam, Tielle) oraz opatrunki posiadające zdolność pochłaniania zapachu (Actisorb, ActisorbPlus, Kaltocarb, LyofamC, Versiva, Carboflex, Carbonet, Combiderm, CutinovaHydro, Inadine, Nu-Gel, Fibracol, Promogran). Oprócz tych podstawowych grup opatrunków istnieją także opatrunki złożone o wieloskładnikowej budowie, dzięki temu ich działanie jest szersze niż preparatów jednoskładnikowych [7-8].

Spośród materiałów włóknistych dla zastosowań medycznych coraz większym zastosowaniem cieszą się nanowłókna. Nanowłókna z biodegradowalnego polimeru mogą być natryskiwane na zranioną, poparzoną skórę. Obecność nanowłókien w opatunku sprzyja formowaniu się naturalnej skóry, zapobiegając powstawaniu blizny jak ma to miejsce w trakcie tradycyjnego leczenia [9].

Materiały opatrunkowe muszą posiadać określone cechy. Najważniejsze z nich to ochrona przed infekcją oraz zdolność absorpcji krwi. Jednocześnie powinny to być materiały delikatne i łatwe do zastosowania oraz usunięcia [2]. W przypadku środków opatrunkowych, podobnie jak w

liquids. Also surgical aprons and protective clothing must form a barrier against infection. This means that while they are in use, they may not let through liquids and micro-organisms, i.e. they have to resist the appropriate pressure which may be exerted on the apron during an operation [5].

Materials aprons and wrappings are currently made of are diverse: Fabrics (natural and synthetic), unwoven cloths, laminated unwoven cloths. Usually used for doctors' and medical personnel's protective clothing are cellulose fibres, made of polyethylene, polypropylene or cotton. These fibres are often modified through adding antibacterial agents to spinning liquids or adding antibacterial metal compounds to the fibroplastic material at the stage of fibre manufacture. It is a well-known fact that most infections occur during the operation, as a result of micro-organisms penetrating into an open wound, which is a reason why antibacterial coatings are also used for surgical cloths to minimize the risk of wound contamination [2]. Fibrous materials included in this group should be easy to keep clean and disinfect, they must be nonallergic, anti-electrostatic, antifungal and resistant to liquid penetration.

Biotextiles also play an important role in wound healing. The second kind of nonimplantable materials used in medicine are materials used for external application on the body with skin contact [19]. They include wound dressing products (bandages, tourniquets, gauze, plasters) and hygiene products (single-use diapers, tissues etc.) Usually used for elastic bandages are polyurethane fibres ("spandex"). In Poland, highly elastic polyurethane and polyamide yarn fibres are used [6]. In feminine hygiene product manufacture, cellulose fibres are used. Dressing products on the other hand are made from natural polymer fibres, such as cotton, chitosan; alginate dressing products are also popular – they have the capacity to cleanse wounds of microorganisms (Kaltostat, Kaltogen, Sea Sorb, AlgisiteM, Sorbalgon, Sorbsan), as well as polyurethane products – with the capacity to absorb great amounts of effusion (Allewin, Allewin cavity, Lyofam, Tielle) and odour-absorbing dressing products (Actisorb, ActisorbPlus, Kaltocarb, LyofamC, Versiva, Carboflex, Carbonet, Combiderm, CutinovaHydro, Inadine, Nu-Gel, Fibracol, Promogran). Apart from those basic dressing product groups, there are also multicomponent-structure compound dressing products, which makes their action more extensive than that of single-component preparations [7-8].

Among fibrous materials for medical purposes, nanofibres are being more and more widely applied. Nanofibres of biodegradable polymers can be directly sprayed onto the injured location of skin to form a fibrous mat dressing, which can let wounds heal by encouraging the formation of normal skin growth and eliminate the formation of scar tissue which would occur in a traditional treatment [9].

Dressing materials must have certain qualities. The most important ones include protection against infection and blood absorption. At the same time, the materials should be delicate and easily to apply or remove [2]. In case of dressing products, just as in case of materials used for the fitting of operating rooms and for specialized protective clothing, various modifications are used. Fibres and yarn are a perfect carrier of pharmacologic preparations and there is virtually hardly any medicament that could not be introduced into textiles [10]. Traditional sanitary fibres are often combined with active microcapsules made of dibutyrylochitin, containing active biological substances in the form of medicine.

Another no less important direction for the application of fibres in medicine is medical equipment and systems as well as different healing support agents [11]. Fibres used for bodily function support of organs such as lungs, kidneys, liver, heart as well as blood-cooperating equipment (drug delivery devices, blood access shunts, air or power lines for

przypadku materiałów stosowanych na wyposażenie sal operacyjnych i specjalistyczną odzież ochronną stosuje się różnego rodzaju modyfikacje. Włókna i przędze są doskonałym nośnikiem preparatów farmakologicznych i nie ma praktycznie medykamentu, którego nie dałoby się wprowadzić do wyrobów włókienniczych [10]. Często tradycyjne włókna sanitarne łączy się z aktywnymi mikrokapsułami wykonanymi z dibutyrylochityny, zawierającymi substancje biologicznie czynne w postaci leku.

Innym nie mniej ważnym kierunkiem zastosowania włókien w medycynie jest sprzęt i aparatura medyczna oraz różne środki wspomagające procesy leczenia [11]. Włókna stosowane są w urządzeniach służących do podtrzymywania funkcji życiowych organów takich jak płuca, nerki, wątroba, serce jak również w urządzeniach współpracujących z krwią (urządzenia do dawkowania leków przez skórę, cewki współpracujące z krwią, izolacje przewodów do rozruszników serca) [12]. Stosowane są tutaj między innymi włókna celulozowe, poliestrowe (sztuczne nerki), polipropylenowe (sztuczne płuca) polisulfonowe (dializa) [11].

II. Materiały włókniste przeznaczone na implanty

Drugą grupę materiałów włóknistych stosowanych w medycynie stanowią implanty stykające się bezpośrednio z tkankami pacjenta. Są to materiały przeznaczone na szwy i nici chirurgiczne, implanty tkanki miękkiej oraz tkanki twardej, sztuczne żyły i tętnice [13].

Materiały szewne są najpowszechniej używanymi materiałami implantacyjnymi w chirurgii. Stosowane są one do zespalandia wszystkich rodzajów tkanek w ciele człowieka. Istnieje wiele rodzajów nici chirurgicznych, posiadających różną grubość, wytrzymałość, gładkość powierzchni i w różny sposób zachowujących się w środowisku biologicznym [14]. Możemy je podzielić na resorbowalne (np.: PGA), degradowalne (np.: Iniane, poliamidowe) i biostabilne (np.: poliestrowe), jedno- i wielowłókienkowe, naturalne (np.: jedwab, kolagen-katgut) i sztuczne (np.: nylon, polipropylen).

Materiały włókniste kompatybilne z tkankami miękkimi wykorzystywane są przede wszystkim jako protezy naczyń krwionośnych, protezy więzadeł i ścięgien, protezy powięzi mięśni (np.: włókna poliestrowe), siatki chirurgiczne do operacyjnego leczenia przepuklin (np.: włókna polipropylenowe) oraz jako podłoża dla sztucznej skóry. Spośród włókien naturalnych dużym powodzeniem w leczeniu tkanek miękkich cieszą się: kolagen, jedwab, celuloza oraz włókna z modyfikowanych polisacharydów takie jak chityna (chitozan). Kolagen jest głównym składnikiem ludzkiego organizmu, więc implanty o powierzchni modyfikowanej tym materiałem łatwo adhezują do tkanki miękkiej.

W leczeniu tkanek twardych materiały włókniste wykorzystywane są najczęściej w postaci kompozytowych płytek i śrub do zespalandia odłamów kostnych oraz tzw. klatek do zespalandia kręgow kręgosłupa. Protezy kości czaszki są wytwarzane z przędzy polipropylenowej i poliestrowej. Materiały te posiadają parametry fizyczne zbliżone do naturalnej kości [6]. Trwają również badania nad osadzaniem nanowłókien w postaci cienkich, porowatych filmów na protezach tkanek twardych. Gradientowa struktura włóknista filmu pracuje jako międzyfaza pomiędzy biomateriałem a tkanką gospodarza i ma za zadanie redukować przeszywnienie na granicy tkanka-biomateriał oraz zapobiegać uszkodzeniu biomateriału po jego implantacji [9].

Materiały włókniste znajdują coraz większe zastosowanie jako trójwymiarowe podłoża (tzw.: scaffoldy) w regeneracji ubytków tkanki chrzęstnej i kostnej. Przewagą podłoży włóknistych w stosunku do innych podłoży stosowanych w inżynierii tkankowej jest możliwość dokładnego zaprojektowania mikrostruktury, wyższy współczynnik rozwinięcia powierzchni, większa możliwość manipulacji mikrostruk-

heart) [12]. Applied here are, among others, cellulose fibres, polyester fibres (kidney machines), polypropylene fibres (lung machines) polysulfone fibres (dialysis) [11].

II. Implantable fibrous materials

The second group of textile materials used in medicine are implants designed for direct contact with patient's tissues. They have been used as sutures or threads, soft and hard tissue implants or as vascular and arterial graft [13]. Surgical threads are the most common implants in surgery. Sutures materials are used to join all kinds of tissues in human body. There are a lot kinds of surgical threads differing in thickness, mechanical strength, surface quality and their behaviour in contact with the body [14].

Suture materials can be put into different groups as resorbable (PGA) or degradable (polyamide) and biostable (polyester), mono or multifilament, natural (silk, collagen) and synthetic (nylon, polypropylene).

Fibrous materials which are compatible with soft tissue, have been successfully used as vascular graft, prosthesis of tendons and ligaments, muscle prosthesis (polyester fibres), as support mesh for hernia repair (polypropylene) and as scaffold for artificial skin. Natural fibres created from collagen, silk, cellulose and modified polysaccharides including chitosan are of growing interest in soft tissue reconstruction. Collagen is a main component of human organisms, implants which have a surface modified with these material adhere easily to the soft tissue.

In the therapy of hard tissues, fibrous materials are most often used in the form of composite plates and screws for joining bone chips and the so-called vertebrae-joining cages. Skull-bone prostheses are manufactured from polypropylene and polyester yarn. Those materials' physical parameters are close to those of natural bone [6]. Research is also underway into depositing nanofibres as thin porous films onto hard tissue prosthetic devices. This coating film with gradient fibrous structure works as an interphase between the prosthetic device and the host tissue, and is expected to efficiently reduce the stiffness mismatch at the tissue/device interphase and hence prevent the device failure after the implantation [9].

Fibrous materials are finding more and more applications as three-dimensional scaffolds for the regeneration of cartilaginous and bone tissue wastage. The advantage of fibrous scaffolds over other scaffolds used in tissue engineering is the ability to precisely design the microstructure, their higher coefficient of surface development, greater ability to manipulate their scaffold structure (ability to control parameters such as fibre orientation or scaffold porosity) and its properties. It has been observed that the orientation of fibres in fibrous scaffolds has a positive effect on the orientation of collagen fibres. Polyglycolyde and polyactide fibrous scaffolds are widely used as scaffolds for the regeneration of tissue because of their high porosity and biodegradation rate. Out of natural polymers in application for tissue engineering, the following are applied in the form of fibrous scaffolds: chitosan, silk, alginates. It is also possible to manufacture scaffolds for the reconstruction of collagen fibrous structure wastage. Apart from healing cartilaginous and bone tissue wastage, fibrous scaffolds are an attractive material for the reconstruction of ligaments and tendons [15]. Nearly all human tissues and organs are deposited onto nanofibrous structures. Collagen is the main natural component of the extracellular matrix, it is found in the form of 50-500 nm diameter fibres. A polymer matrix made of nanofibres can be identical to extracellular matrix proteins both with respect to the chemical composition and the physical construction. Thus, nanofibres seem to be a perfect biomimetic candidate for tissue engineering scaffolds. Research is underway

turą scaffoldu (możliwość kontroli takich parametrów jak orientacja włókien czy porowatość podłoża) oraz jego właściwościami. Zaobserwowano, że orientacja włókien w scaffoldach włóknistych pozytywnie wpływa na orientację włókien kolagenowych. Podłoża włókniste z poliglikolidu i polilaktydu są szeroko stosowane jako scaffoldu do regeneracji tkanek ze względu na ich wysoką porowatość i szybkość biodegradacji. Spośród polimerów naturalnych w zastosowaniu dla inżynierii tkankowej w postaci włóknistych podłoży stosowane są: chitozan, jedwab, alginiany. Również możliwe jest wytwarzanie podłoży do rekonstrukcji ubytków o budowie włóknistej z kolagenu. Oprócz leczenia ubytków tkanki chrzęstnej i kostnej włókniste podłoża są atrakcyjnym materiałem do rekonstrukcji więzadeł i ścięgien [15]. Niemal wszystkie z ludzkich tkanek i organów osadzone są w strukturach nanowłóknistych. Kolagen jest głównym naturalnym komponentem matrycy zewnątrzkomórkowej, występuje w formie włókien o średnicy 50-500 nm. Polimerowa matryca zbudowana z nanowłókien może być identyczna z białkami matrycy zewnątrzkomórkowej zarówno pod względem składu chemicznego jak również fizycznej budowy. Dlatego nanowłókna wydają się być świetnym, biomimetycznym kandydatem na podłoża dla inżynierii tkankowej. Prowadzone są badania nad nanowłóknami z polimerów syntetycznych (PGA, PLGA, PCL) i naturalnych (kolagen, fibrynogen) dla potrzeb inżynierii tkankowej [16]. Rozwój technik otrzymywania podłoży sprawia, że możemy otrzymać rusztowanie z nanowłókien o odpowiednio ułożonej sieci porów, zaprojektowanej pod zastępowaną tkankę [17]. Oprócz nanowłókien polimerowych przeprowadzono badania nad podłożami z nanowłókien węglowych. Badania *in vitro* pokazały, że nanowłókna węglowe sprzyjają proliferacji osteoblastów oraz stymulują wzrost tkanki kostnej [18]. Zastosowanie nanowłókien węglowych może być pomocne przy próbach regeneracji różnych innych tkanek ludzkich. Nanowłókna wykorzystywane są również jako nośniki leków.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007 - 2010 jako projekt badawczy POL-POSTDOC III NrPBZ/MNiSW/07/2006/53.

into synthetic polymer nanofibres (PGA, PLGA, PCL) i and natural polymer nanofibres (collagen, fibrinogen) for the requirements of tissue engineering [16]. The development of scaffold-obtaining techniques enables us to obtain a scaffold made of nanofibres with a suitably lined network of pores, designed for the tissue replaced [17]. Beside polymer nanofibres, research has been carried out into carbon nanofibre scaffolds. *In vitro* tests have shown that carbon nanofibres support the proliferation of osteoblasts and stimulate the growth of bone tissue [18]. The application of carbon nanofibres may be helpful when attempting to regenerate various other human tissues. Nanofibres are also used as drug carriers.

Acknowledgments

This work was supported by the Minister of Science and Higher Education, project POL -POSTDOC III no. PBZ/MNiSW/07/2006/53 (2007-2010).

Piśmiennictwo

- [1] R.D. Anandjiwala "Role of Advanced Textile Materials in Healthcare", Medical Textiles and Biomaterials for Healthcare ed. by S.C Anand, J.F.Kennedy, M.Mirafat, S.Rajendran, 2006, s. 90-98.
- [2] S.Weinberg, M.W. King "Medical Fibers and Biotextiles", Biomaterials Science - An Introduction to Materials in Medicine ed. by B.D.Ratner, A.S.Hoffman, F.J.Schoen, J.E.Lemons, Academic Press, 2004, s. 86-100.
- [3] C.C.Chu "Textile-Based Biomaterials for Surgical Application" w Polymeric Biomaterials ed by S. Dumitriu, 2002, s. 491-545.
- [4] J.V. Edwards, G.Buschle-Diller, S.C. Goheen "Modified Fibers with Medical and Specialty Applications", Springer 2005.
- [5] P. Lenartowicz "Najnowsze standardy europejskie dotyczące materiałów barierowych i masek chirurgicznych" Zakażenia (Bezpieczny szpital) 3/2004.
- [6] www.tricomed.com
- [7] <http://www.revita.com.pl/>
- [8] E. Trznadel-Budyńko, Andrzej Kaszuba „Owrzodzenia podudzi w przebiegu przewlekłej niewydolności żyłnej” Przewodnik Lekarza, 2003, 6, 11/12, s. 41-45
- [9] G.H. Altman, R.L.Horan, H.H.Lu, J.Moreau, I.Martin, J.C.Richmond, D.L.Kaplan "Silk matrix for tissue engineering anterior cruciate ligaments" Biomaterials 23, (2002), s. 4131-4141.
- [10] E. Butcher, E. Masłowski "Inteligentne włókna dla medycyny"; Przegląd Włókienniczy & Technik Włókienniczy Rocznik 53, (01/1998), s. 3 - 5.

References

- [11] Ch. R. Meena, N. Ajmera, P. K. Sabat "Medical Textiles" <http://www.fibre2fashion.com/industry -article/pdf/files/4/330.pdf>
- [12] E.Bayraktar, A. Hockenberger "Usage of hollow fibres in artificial kidney" Technology and Health Care, 10 (3,4) 319 - 321, 2002
- [13] <http://www.turkstudent.net/art/235> "Medical Use of Textile Fibers"
- [14] E.Pamuła, S.Błażewicz "Badanie właściwości normowych nici węglowych na tle nici chirurgicznych powszechnego użytku" Biomateriały węglowe i ceramiczne, Ryto 1995, Wydane przez WIMiC, Kraków 1995, s. 7-14
- [15] J.A.Cooper, H.H.Lu, F.K.Ko, J.W.Freeman, C.T.Laurencin "Fiber-based tissue-engineered scaffold for ligament replacement: design considerations and *in vitro* valuation" Biomaterials 26, (2005), s. 1523-1532.
- [16] Z.M.Huang, Y.Z.Zhang, M.Kotaki, S.Ramakrihna „A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites" Composites Science and Technology 63, (2003), s.2223-2253.
- [17] D.W.Hutmacher, A.K.Ekaputra "Design and Fabrication Principles of Electrospinning of Scaffolds" w Biomaterials Fabrications and Processing, 2008 s.115 - 137
- [18] J.L.McKenzie, M.C.Waid, R.Shi, T.J.Webster "Decreased functions of astrocytes on carbon nanofiber materials" Biomaterials 25, (2004), s. 1309-1317.
- [19] U.C.Hipler, P.Elsner "Biofunctional Textiles and Skin", Karger 2006.