

Review

NOT ONLY FOILS AND PACKAGING. PART 2: ABOUT THE APPLICATIONS OF POLYMERS IN ORTHOPEDICS, SURGERY AND DERMATOLOGY

Joanna Warguła¹ 

¹ Poznan University of Medical Sciences, Faculty of Pharmacy, Department of Organic Chemistry
Rokietnicka 3 Str. 60-806, Poznań, Poland. <https://ror.org/02zbb2597>

* Correspondence, e-mail: jkruck@ump.edu.pl

Received: 21.02.2025 / Revised: 24.04.2025 / Accepted: 12.05.2025 / Published online: 07.08.2025

ABSTRACT

Polymers are a group of compounds commonly encountered in everyday life. However, due to the increasing incidence of cancer, allergies and progressive environmental pollution, it is becoming essential to design new chemical compounds that would be safe. Particular attention is paid to the resorbability of compounds and their biodegradability. These features seem to be particularly important in broadly understood orthopedics, surgery or aesthetic medicine. This article, which is a continuation of the undertaken topic, presents examples of polymers and their application, among others, during surgical operations, orthopedic procedures or broadly understood dermatology. Particular emphasis is given to specific properties of the polymer that determine its usefulness in a given medical discipline.

KEYWORDS: polymer, application, surgery, orthopedics, dermatology

Article is published under the CC BY license.

1. Wstęp

Postępujący wzrost zachorowalności na choroby nowotworowe, zarówno w Polsce jak i na świecie, wzrost stwierdzanych alergii oraz coraz bardziej zanieczyszczone środowisko, stanowią istotny bodziec rozwoju przemysłu chemicznego i farmaceutycznego [1-3]. Ze względu na powszechność stosowanych materiałów polimerowych w obecnym świecie, szczególny nacisk kładzie się na bezpieczeństwo materiałów polimerowych, ich nietoksyczność oraz resorbowalność [4,5]. Te cechy nieodzowne stają się w takich kierunkach medycyny jak ortopedia, chirurgia czy szeroko rozumiana dermatologia i medycyna estetyczna [6-8]. Z polimerów wykonane są nie tylko elementy aparatury medycznej, ale również endoprotezy wszczepiane pacjentom, szwy chirurgiczne czy opatrunki w postaci folii. Artykuł ten prezentuje zastosowania i cechy wybranych polimerów w wymienionych działach medycyny [9,10].

2. Ortopedia

Ortopedia stanowi obecnie jedną z podstawowych specjalności lekarskich. Posiadając w swoim arsenale zarówno procedury zachowawcze, jak i operacyjne, skupia się na utrzymaniu w sprawności i leczeniu narządów ruchu: szkieletu, więzadeł, stawów, mięśni, nerwów i naczyń. W obecnych czasach ortopeda nie zajmuje się jedynie korekcją postawy dzieci czy leczeniem pacjentów

powypadkowych, ale współpracuje z genetykiem i neonatologiem (np. leczenie wad wrodzonych), internistą (np. leczenie skutków zakażeń i amputacji) czy onkologiem (np. leczenie pooperacyjne). W tym celu obecna ortopedia wykorzystuje szereg różnych materiałów, w tym resorbowalnych i biokompatybilnych polimerów.

2.1. PTFE (politetrafluoroetylen)

Ten powstający w wyniku polimeryzacji tetrafluoroetylen polimer cechuje się dużą odpornością chemiczną, hydrofobowością i elastycznością. Przykładem jego zastosowania w ortopedii może być wykorzystanie do produkcji protez, np. sztucznej ręki czy kolana. Wykorzystuje się tutaj jego biogodność i obojętność, brak działania podrażniającego czy uczulającego, chociaż wiele uwagi wymaga jeszcze badanie potencjalnego działania kancerogennego [11-13]. Polimer ten wykorzystany w produkcji więzadła protetycznego okazał się skuteczniejszy niż więzadło proplastyczne w operacyjnym leczeniu wielokrotnie operowanego, niestabilnego kolana. Zastosowania polimeru korelują z jego właściwościami: gęstością liniową czy odległością międzywęzłową. Polimer ten wykorzystywany jest również podczas zabiegów rekonstrukcji twarzy, a nawet ucha środkowego [14-17]. PTFE nie powoduje miejscowych reakcji zapalnych tkanek i wykorzystany jest w przeszczepach autogenicznych. W operacji korekcji twarzy polimer ten wykazał korzystniejsze cechy mechaniczne w porównaniu do tkanki

biologicznej (ziarnistej chrząstki żebrowej) [15]. PTFE może być wykorzystywany do produkcji protez ucha wewnętrznego oraz kosteczek słuchowych, gdyż jego właściwości antyadhezyjne zapobiegają ekstruzji, deformacji i nadmiernemu przywieraniu. Możliwość sterylizacji materiałów z tego polimeru w szerokim zakresie temperatury z pewnością przyczyni się do dalszego ich rozwoju [18].

PTFE jest polimerem o szerokim zastosowaniu w inżynierii tkankowej [19-20]. Przykładowo, wykazano, iż polimer ten nadaje się do regeneracji naczyń pachowych, ramiennych, udowych i podkolanowych. Sprawdza się również, zwłaszcza w połączeniu z hydroksyapatytem, w zabiegach alloplastyki, czyli wstawianiu sztucznego stawu (np. biodrowego) [19-20].

2.2. Poliglikolid

Jest to polimer, którego merem jest kwas glikolowy. Kwas ten pozyskiwany jest ze źródeł naturalnych, np. trzciny cukrowej, a poddanie go polimeryzacji pozwala na otrzymanie polimeru o dużej biodegradowalności [21-22]. Poliglikolid wykorzystywany jest jako podłoże matryc tkankowych w inżynierii tkankowej, co pozwala na odtworzenie tkanek [23]. Poliglikolidy mogą być wykorzystane w produkcji sztucznych zastawek serca, tkanki chrzęstnej, pęcherza (gdzie szczególnie ważna jest elastyczność polimeru, jego rozciągliwość i właściwości mechaniczne) [24-26]. Warto podkreślić, że kluczowe znaczenie dla tworzonej tkanki może mieć skład zastosowanych mikrosfer jako formowalnego rusztowania [26]. Przykładowo, w zależności od masy cząsteczkowej polimeru możliwe jest otrzymanie mniej lub bardziej bogatej w proteoglikany tkanki chrzęstnej [26].

Regeneracje uszkodzonego ucha wydają się zabiegami trudnymi ze względu na naturalnie słabo rozwiniętą tkankę. Omawiany polimer dzięki rozwojowi inżynierii tkankowej także w takich operacjach znalazł zastosowanie [27-28]. Często wykorzystywany jest jako kopolimer z polilaktydem. W postaci klejów chirurgicznych stanowi alternatywę dla nici, oprócz widocznego waloru estetycznego, pozwala również na szybszą regenerację tkanek. Kleje takie mogą znaleźć zastosowanie podczas operacji kręgosłupa (np. zapobiegają wyciekowi płynu mózgowo-rdzeniowego) [29-30].

2.3. Polilaktyd

Tworzywo to stanowi polimer kwasu mlekowego, naturalnie powstającego w wyniku fermentacji skrobi. Na skalę przemysłową, kwas mlekowy otrzymuje się z mączki kukurydzianej [31]. Należy podkreślić możliwość dwutorowej syntezy polimeru, bowiem poli(laktyd) można otrzymać z laktydu w wyniku polimeryzacji z otwarciem pierścienia, albo z poli(kwasu mlekowego) powstałego w wyniku polikondensacji kwasu mlekowego [32]. Metody syntezy różnią się, więc nie tylko liczbą etapów, ale także różną masą polimeru. Warto również podkreślić, iż właściwości polilaktydu zależą od układu stereochemicznego: możliwe jest otrzymanie polimerów od miękkich i elastycznych po twarde i wytrzymałe [33-34]. Jednym z zastosowań omawianego polimeru jest produkcja śrub ortopedycznych, drutów, implantów i płytek mechanicznych wspomagających leczenie kości [35-38]. Wykorzystuje się tutaj biodegradowalność oraz

termoplastyczność polimeru (kurczy się pod wpływem ciepła), a często stosowane są dodatkowe czynniki, np.:

a) magnez - podnoszący wytrzymałość mechaniczną kompozytu [36],

b) polikaprolaktam - modyfikujący właściwości fizykochemiczne biomateriału [37],

c) kwas poliglikolowy - wpływający na biokompatybilność i proces degradacji takich biomateriałów [38].

Ponadto, polimer ten wykorzystywany jest w inżynierii tkankowej w celu otrzymania resorbowalnego rusztowania do namnażania komórek [39]. Warto podkreślić, iż polilaktyd wykorzystywany jest w drukarkach 3D, a powstałe biomateriały stosowane są w regeneracji tkanki kostnej, sercowej, nerwowej, unaczynionej i skóry [40].

2.4. Polialkohol winylowy i otrzymane hydrożele

Ten otrzymywany na drodze hydrolizy polioctanu winylu polimer ma postać białego lub kremowego proszku. Polimer ten jest bezwonny, rozpuszczalny w wodzie, ale nierozpuszczalny w solwentach organicznych. Charakteryzuje się dużą biokompatybilnością i nietoksycznością, co pozwala na jego zastosowanie w inżynierii tkankowej. Stosowany jest np. w postaci gąbek jako materiał implantacyjny tkanek miękkich, np. chrząstek, wątroby, nerek. W połączeniu z chitozanem może wspierać wzrost i różnicowanie komórek, ale także promować regenerację tkanek poprzez ścisłe naśladowanie macierzy zewnątrzkomórkowej. Rusztowania te oferują niezbędną wytrzymałość mechaniczną i zdolność adaptacji do różnych zastosowań biomedycznych [41-43]. Polialkohol winylowy wykorzystuje się jako matryce do regenerowania organów i tkanek, czyli jako polimerowe rusztowania, również w połączeniu np. z żelatyną czy laktydem [44-46]. Dzięki biodegradowalności i nietoksyczności stelaże takie ulegają rozpadowi, co pozwala na szybszą regenerację kości czy chręści pacjenta [47-50].

2.5. Alginiany

Alginy stanowią naturalnie występujące w brunatnicach czy trawie morskiej nierozpuszczalne w wodzie polimery. Mają barwę od białej po brunatną [51-52]. W szeroko rozumianej ortopedii oraz medycynie regeneracyjnej wykorzystuje się reakcję polimeru z jonami wapnia i tworzenie form żelopodobnych, przy czym możliwe są modyfikacje np. modułu sprężystości czy stabilności żelu [53-54]. Komórki macierzyste na takim rusztowaniu alginianowym mogą namnażać się oraz uwalniać w sposób kontrolowany [55-57]. Rozwiązanie takie stosuje się nie tylko w leczeniu złamań kości i leczeniu ran [58-59], ale również może być wykorzystane w terapii choroby Alzheimera, gdzie uszkodzeniu ulegają neurony [60].

2.6. Silikony

Silikony stanowią syntetyczne polimery krzemu, a w ich strukturze kluczowe jest wiązanie krzem - węgiel grupy alkiowej [61-62]. W zależności od użytej grupy, polimery te wykazują różne właściwości fizykochemiczne [63-64]. Generalnie silikony są bezwonne i obojętne dla środowiska.

Polimery te wykorzystywane są w regeneracji naderwanych ścięgien, gdzie wykorzystuje się ich elastyczność. Oprócz tego znalazły zastosowanie w produkcji

implantów ucha, nadgarstka czy zginaczy palców, gdzie priorytetem wydaje się odzyskanie sprawności dłoni [65-66].

Najpopularniejszym jednak zastosowaniem polimerów na bazie krzemu jest produkcja implantów. Ze względu na właściwości hipoałergiczne, polimery takie są stosowane nie tylko jako implanty w medycynie estetycznej (np. piersi), ale jako uzupełnienia pooperacyjnych ubytków czy jako wkładki korygujące [67-68].

Należy podkreślić, iż aplikacja implantów niesie ze sobą ryzyko powstania zatorów i zakrzepów. Implanty takie mają skłonność do powlekania się komórkami gospodarza, a wymienione cechy ograniczają ich zastosowanie [69-70].

2.7. Poliuretany

Poliuretany powstają najczęściej w wyniku poliaddycji cyjanianów z polialkoholami (czyli związkami zawierającymi dwie i więcej grup hydroksylowych), a cechą charakterystyczną jest obecne ugrupowanie uretanowe. Do syntezy poliuretanów wykorzystuje się zasady organiczne, takie jak guanidyny, amidyny, N-heterocykliczne karbeny i organiczne „silne lub supersilne” kwasy Brønsteda oraz dilaurynian dibutylocyny i dioctan dibutylocyny. Poliuretany w postaci materiałów ciekłokrystalicznych, kopolimerów uretanowo-akrylowych i poliuretanowo-silikonowych znalazły zastosowanie w elektronice, medycynie i inżynierii lądowej. Jako przyjazny dla środowiska elastomer stosowane są jako powłoki ochronne wytwarzane z wodnych dyspersji poliuretanowych [71-73]. Poliuretany generalnie charakteryzuje wysoka biogodność i biokompatybilność [74-75]. W ortopedii przede wszystkim wykorzystywane są w rekonstrukcji mięśni i tkanek kości [76-77]. Wytrzymałość mechaniczna, biokompatybilność, porowatość, bezpieczna biodegradacja i łatwość użytkowania poliuretanowych biomateriałów przekłada się na ich wykorzystanie w produkcji ścięgien oraz rzepek [78-80].

2.8. Polimetakrylan metylu

Polimetakrylany stanowią szeroko stosowaną w naukach medycznych grupę polimerów [81-82]. Ich pierwsze zastosowanie wiązało się z sztuczną soczewką, ale warto również wspomnieć o systemach dostarczania leków, zwłaszcza w połączeniu z chitozanem. Generalnie mają one właściwości podobne do szkła: są odporne na temperaturę [83-84], nie pochłaniają wody [85-86] oraz są chemicznie obojętne [87]. Przykładem zastosowania omawianego polimeru w ortopedii jest alloplastyka stawu biodrowego,

czyli zastosowanie sztucznego stawu biodrowego [88-90]. PMMA (polimetakrylan metylu) stosuje się w augmentacji kręgosłupa, zwłaszcza w vertebroplastyce i kifooplastyce – procedurach medycznych mających na celu wzmocnienie kręgow.

Jak pokazano na Ryc. 1, inżynieria tkankowa oraz produkcja implantów dominują wśród zastosowań polimerów w ortopedii.

3. Chirurgia

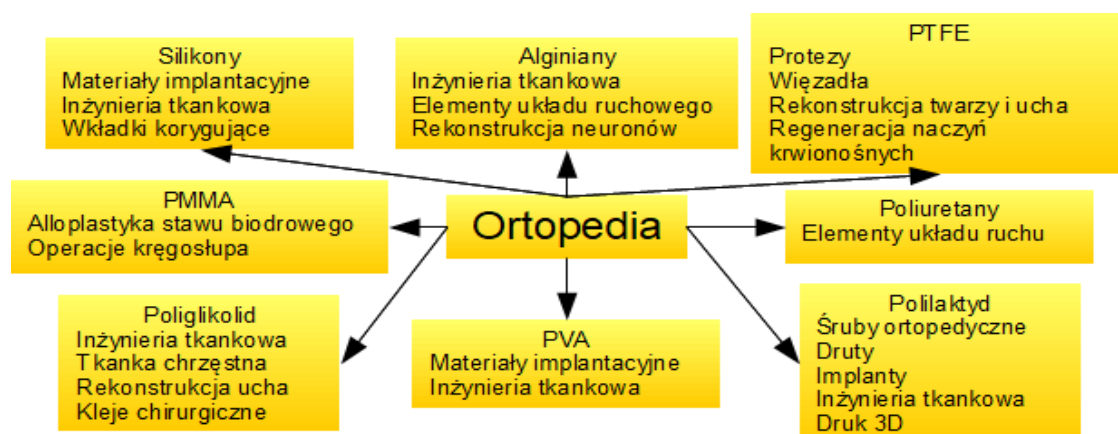
Od zarania dziejów ludzkości znane są zabiegi chirurgiczne. Podstawowym problemem, z jakim mierzyła się ta specjalizacja medyczna, było zapobieganie zakażeniom okołoperacyjnym, wprowadzenie w stan narkozy pacjenta oraz zwalczanie towarzyszącego zabiegom bólu. Obecnie, dzięki postępowi nauk farmaceutycznych i inżynierii medycznej, nacisk kładzie się na komfort pacjenta, szybszą rekonwalescencję oraz brak widocznych śladów po procedurze medycznej. Niemalą zasługę odgrywają tutaj polimery, wykorzystywane nie tylko jako elementy aparatury medycznej, ale także do tworzenia opatrunków nowej generacji. W rozdziale tym przedstawiono kilka polimerów i ich ciekawe zastosowania.

3.1. PTFE (politetrafluoroetylen)

Politetrafluoroetylen ze względu na swoją obojętność biologiczną z powodzeniem wykorzystywany jest do produkcji naczyń laboratoryjnych, opakowań, implantów i cewników. Modyfikacje właściwości powierzchniowych, absorpcyjnych czy też wykorzystanie PTFE jako nośnika substancji przeciwbakteryjnych przekładają się na zastosowania tego polimeru [91-92]. Przykładowo, z PTFE produkuje się zastawki serca i bajpasy (zastosowanie w kardiologii) czy elementy sztucznej ręki [93-96].

W postaci taśmy teflonowej polimer ten wykorzystuje się do uszczelniania połączeń między tkankami, co stanowi bezpieczną alternatywę względem klei chirurgicznych [97-98].

Istotnym zastosowaniem PTFE jest produkcja substytutu krwi, tak bardzo potrzebnej przy operacjach chirurgicznych. Należy tutaj podkreślić, iż nierakotwórczość i brak zaburzania płodności decydują o bezpieczeństwie takiego użycia [99-100].



Ryc. 1. Wybrane zastosowania polimerów w ortopedii.

3.2. Poliglikolid

Historia użycia tego polimeru powiązana jest z trzcina cukrową, w której obecny jest kwas glikolowy (monomer polimeru) [101-102]. Sama trzcina cukrowa znalazła szerokie uznanie u producentów kosmetyków, gdyż ekstrakty z trzciny są bogate w kwasy fenolowe - związki o działaniu przeciwutleniającym i przeciwdrobnoustrojowym. Z kolei kwas glikolowy nadaje trzcinnie dużą wytrzymałość mechaniczną na rozerwanie.

W latach 60. XX w. po raz pierwszy użyto poliglikolidu (pod nazwą dextron) do produkcji nici chirurgicznych [103-104]. Stopniowe wchłanianie się takiej sztucznej plecionki (trwające średnio 2-4 tygodnie) oraz odporność na rozciąganie (porównywalna z katgutem) to cechy warunkujące podstawowe zastosowanie poliglikolidu [105-106]. Takie nici wykorzystywane są w kardiochirurgii (np. perforacje przegrody w sercu) [107-108] czy nanochirurgii (w postaci połączeń z chitozanem i kolagenem, np. regeneracja nerwów u psów) [109-110].

3.3. Polialkohol winylowy i otrzymane hydrożele

Podstawową cechą tego złożonego w swojej prostocie polimeru jest jego zdolność do tworzenia hydrożeli, co wynika z pochłaniania dużej ilości wody (średnio 10-1000 razy większej niż masa polimeru) [111]. Przede wszystkim polialkohol winylowy jest wykorzystywany w produkcji opatrunków nowej generacji. Stwarza on bardzo dobre warunki do gojenia ran. Dzięki mikroporom w swojej strukturze, zapewnia on wymianę gazową między raną a środowiskiem zewnętrznym [112]. Opatrunki takie charakteryzuje również wysoka zdolność pochłaniania wysięków [113], hipoalergicznosc [114], co w połączeniu z wyżej wymienionymi cechami znacznie przyspiesza proces gojenia. Opatrunki takie najczęściej są przezroczyste, co ułatwia procesy higieniczne wokół gojącej się rany. Ponadto, hydrożele takie mogą być wzbogacone o: środki bakteriobójcze [115], czynniki wzrostu komórek, co pozwala na stymulowanie wzrostu komórek prawidłowych [116], komórki macierzyste pacjenta [117], substancje hamujące krwawienie [118].

Opatrunki hydrożelowe z powodzeniem stosowane być mogą m. in. w stopie cukrzycowej, oparzeniach czy odleżynach [119-120].

3.4. Alginiany

Podstawowe zastosowanie alginianów wynika z ich zdolności do tworzenia żeli i pochłaniania różnego rodzaju wysięków [121-123]. Zostały one wykorzystane do produkcji opatrunków alginianowych, które doskonale sprawdzają się w leczeniu rozległych ran, odleżyn, ran krwawiących czy zainfekowanych (mają zdolność oczyszczania z martwicy) [124-127]. Opatrunki alginianowe cechuje:

- a) brak toksyczności,
- b) zdolność do utrzymania odpowiedniego środowiska rany (np. wilgotność),

c) możliwość modyfikacji właściwości przeciwbakteryjnych (np. poprzez dodatek antybiotyków),

d) możliwość modyfikacji właściwości żelujących (np. poprzez dodatek polialkoholu winylowego) [128-130].

Opatrunki alginianowe nie sprawdzają się w leczeniu tzw. ran suchych.

3.5. Silikony

Zastosowanie silikonów w chirurgii wynika głównie z ich znacznej rozciągliwości (porównywalnej do rozciągliwości skóry), nieograniczonej przepuszczalności oraz możliwości modyfikacji właściwości powierzchniowych (np. właściwości antyadhezyjne względem bakterii) [131-133]. Silikony są obojętne fizjologicznie, łatwe w sterylizacji oraz ulegają częściowej biodegradacji we krwi, co warunkuje ich bezpieczne stosowanie [134-136].

Przede wszystkim silikon wykorzystywany jest w leczeniu ran pooperacyjnych i blizn [137-138]. Stosowane są w preparatach na owrzodzenia, odleżyny i oparzenia, gdzie hamują nadmierne ziarnicowanie ran.

Jednym z ciekawszych zastosowań silikonów może być preparatyka nici chirurgicznych oraz sprzętu medycznego: cewników, drenów i sond [139-140].

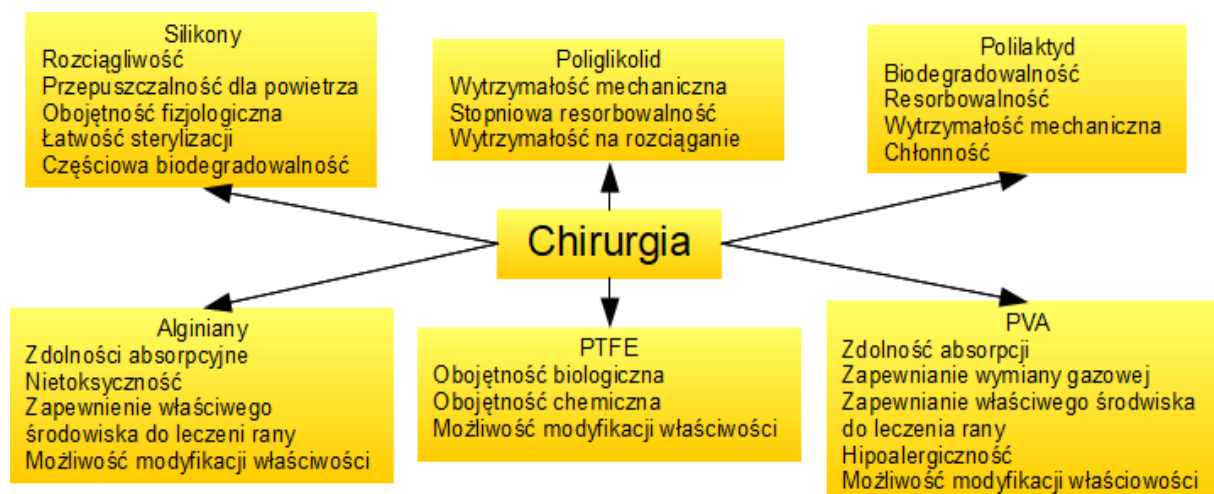
3.6. Poliamidy

Poliamidy, polimery otrzymywane poprzez polikondensację kwasów dwukarboksylowych z diaminami, cechują się biodegradowalnością [141]. Cecha ta została wykorzystana do produkcji nici chirurgicznych czy resorbowalnych opatrunków [142-143].

Najczęściej opisywanymi polimerami z tej grupy są nylon oraz aramid występujące w postaci włókien o dużej wytrzymałości. Pierwszy z nich charakteryzuje się zdolnością do odbarwienia (co ogranicza jego inne zastosowania) oraz dużą wytrzymałością na rozciąganie [144]. Znalazł on zastosowanie w chirurgii i mikrochirurgii, w tym chirurgii oka. Ponadto, nylon wykorzystuje się w produkcji opatrunków na oparzenia czy rozległe rany (np. powstałe po pobraniu skóry do autoprzeszczepu) [145]. Opatrunki takie cechuje chłonność i dobre przyleganie do skóry, ale mogą wymagać dodatkowych składników antybakteryjnych np. w celu zapobiegania ewentualnej infekcji [146].

Drugie poliamidowe włókna, aramidowe, cechuje wytrzymałość mechaniczna, sprężystość, odporność chemiczna i termiczna, tolerancja na promieniowanie rentgenowskie [147-148]. Włókna aramidowe znalazły zastosowanie jako nici chirurgiczne do użytku zewnętrznego, jak i wewnętrznego (np. operacje żołądka, pęcherza moczowego) [149-150].

Ryc. 2 przedstawia podstawowe cechy polimerów, jakie są wykorzystywane w chirurgii. O możliwości zastosowania polimerów decydować będą tutaj ich biogodność i resorbowalność.



Ryc. 2. Wybrane cechy polimerów stosowanych w chirurgii.

4. Dermatologia, kosmetologia i medycyna estetyczna

Wygląd zewnętrzny jest istotnym aspektem dzisiejszego świata [151-152]. Ilość reklam kosmetyków, artykułów higienicznych czy leków i suplementów diety jest zatrważająca [153-154]. Z dobrodziejstw przemysłu chemicznego i polimerów korzystają również dermatolodzy (np. systemy dostarczania leków) [155-156], kosmetolodzy (np. wypełniacze) [157-158] czy chirurdzy plastyczni (np. drukowanie 3D) [159-160].

4.1. Silikony

Ta grupa polimerów charakteryzuje się dużą odpornością chemiczną (np. na kwasy) oraz temperaturową [161]. Ta druga cecha pozwala na sterylizację materiałów nawet w wysokich temperaturach [162]. Silikony wykazują również obojętność względem wody [163], biokompatybilność [164] oraz elastyczność porównywalną do skóry (są rozciągliwe oraz miękkie) [165]. Przepuszczalność dla powietrza [166] oraz brak właściwości uczulających i podrażniających sprawiają, że silikony znalazły zastosowanie jako implanty w zabiegach powiększania np. piersi [167-170]. Oczywiście, zgłaszane są powikłania w postaci lokalnych stanów zapalnych czy włóknienia tkanek, ale wydaje się, że polimer ten na stałe zagościł w arsenale dostępnych chirurgom plastycznym wypełniaczy.

4.2. Poliakrylamid

Polimer ten znalazł zastosowanie jako zagęstnik w kosmetykach [171-172]. Poliakrylamid stosowany jest również w postaci okładów na oparzenia [173-174]. W niektórych krajach stosowany jest jako endoproteza miękkich tkanek i wykorzystywany w zabiegach powiększania piersi i pośladków [175-176]. W Polsce polimer ten jest zakazany ze względu na powikłania operacyjne: stany zapalne, zaburzenia sercowo-kръżeniowe, ból i poczucie dyskomfortu, zakażenia i tworzenie się ropnia czy migracje polimeru [177-180].

4.3. Poliamidy

Głównym przedstawicielem tej grupy polimerów jest nylon. Związek ten znalazł zastosowanie w produkcji opatrunków na oparzenia [181-182]. Świetnie sprawdza się również w leczeniu miejsc po pobraniu skóry na przeszczep [183-185]. Opatrunki zawierające poliamidy są chłonne i nie

odklejają się od skóry [186-187]. Ze względu na ryzyko infekcji rany opatrunki stosowane są w postaci nasączonej środkiem antybakteryjnym, np. srebrem [188-190].

5. Wnioski

Wymienione wyżej polimery cechuje wysoka biouzgodność oraz nietoksyczność - cechy kluczowe w kontakcie z otwartą raną czy podczas zabiegu chirurgicznego. Jednym z podstawowych kierunków rozwoju polimerów wydaje się produkcja rusztowań, na których mogą być namnażane komórki, co może być wykorzystane zarówno w ortopedii jak i w chirurgii. Dominującą cechą wykorzystywaną w omawianych naukach medycznych jest zdolność polimerów do pochłaniania wody i wysięków, co pozwala na ich zastosowanie jako innowacyjne opatrunki. Szeroki asortyment polimerowych opatrunków i środków stosowanych zewnętrznie przyczynia się do szybszej rekonwalescencji i podniesienia komfortu pacjenta.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The author declares no conflict of interest.

References

1. Krajowy Rejestr Nowotworów. Raporty. Available online: <https://onkologia.org.pl/pl/raporty> (accessed on 03.02.2025).
2. Age-Standardized Rate (World) per 100 000, Incidence and Mortality, Both sexes, in 2022. Available online: https://gco.iarc.who.int/today/en/dataviz/bars?type=s=0_1&mode=population (accessed on 03.02.2025).
3. Alergie w Polsce i na świecie - statystyki dotyczące alergii. Available online: <https://www.alergologia.org/alergie-w-polsce-i-na-swiecie-statystyki-dotyczace-alergii/> (accessed on 03.02.2025).
4. Maitz, M.F. Applications of synthetic polymers in clinical medicine. *Biosurf. Biotribol.* **2015**, *1*(3), 161-176. DOI: 10.1016/j.bsbt.2015.08.002
5. Vert, M. Degradable and bioresorbable polymers in surgery and in pharmacology: beliefs and facts. *J. Mater.*

- Sci. Mater. Med.* **2009**, *20*, 437-446. DOI: 10.1007/s10856-008-3581-4
6. Middleton, J.C.; Tipton, A.T. Synthetic biodegradable polymers as orthopedic devices. *Biomaterials* **2000**, *21*(23), 2335-2346. DOI: 10.1016/S0142-9612(00)00101-0
7. Kronenthal, R.L. Biodegradable Polymers in Medicine and Surgery. In *Polymers in Medicine and Surgery. Polymer Science and Technology*; Kronenthal, R.L., Oser, Z., Martin, E., Eds.; Springer, Boston, USA, **1975**, Volume 8, pp. 119-137.
8. Panayi, A.C.; Orgill, D.P. Current use of biological scaffolds in plastic surgery. *Plast. Reconstr. Surg.* **2019**, *143*(1), 209-220.
9. Savencu, I.; Iurian, S.; Porfire, A.; Bogdan, C.; Tomuță, I. Review of advances in polymeric wound dressing films. *React. Funct. Polym.* **2021**, *168*, Art No. 105059. DOI: 10.1016/j.reactfunctpolym.2021.105059
10. Kozlov, A.A. Systemic Analysis of Deformation Properties of Polymer Textile Surgical Threads. *Fibre Chem.* **2024**, *56*, 57-61. DOI: 10.1007/s10692-024-10516-z
11. Ahlfeld, S.K.; Larson, R.L.; Collins, H.R. Anterior cruciate reconstruction in the chronically unstable knee using an expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) prosthetic ligament. *Am. J. Sports Med.* **1987**, *15*(4), 326-330. DOI: 10.1177/036354658701500406
12. Catanese, J. 3rd; Cooke, D.; Maas, C.; Pruitt, L. Mechanical properties of medical grade expanded polytetrafluoroethylene: the effects of internodal distance, density, and displacement rate. *J. Biomed. Mater. Res.* **1999**, *48*(2), 187-192. DOI: 10.1002/(sici)1097-4636(1999)48:2<187::aid-jbm13>3.0.co;2-m
13. Barae, J. A Mini-Review on the Safety of PTFE as a Cosmetic Ingredient. *JNST* **2024**, *1*(2), 1-3. DOI: 10.61833/JNST.2024.0003
14. Campbell, A.; Shumrick, Kevin A. The use of expanded polytetrafluoroethylene in facial reconstruction and facial cosmetic surgery. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* **1996**, *4*(4), 249-252.
15. Wang, K.; Chen, M.; Yu, B.; Guo, Z. Comparison of Clinical Results of Crescent-Shaped Expanded Polytetrafluoroethylene (e-PTFE) and Granulated Rib Cartilage for Filling The Nasal Base to correct Midface Depressions. *Altern. Ther. Health Med.* **2024**, *30*(1), 434-440.
16. Vicente, J.; Ramírez-Camacho, R.; Trinidad, A.; Ramón García-Berrocal, J.; Lobo, D.; Pinilla, M. Anti-adhesive properties of polytetrafluoroethylene (Gore-Tex) in middle ear surgery. An experimental study. *Acta Otolaryngol.* **2006**, *126*(2), 144-148. DOI: 10.1080/00016480500312570
17. Malafronte, G. Prostheses for middle ear ossicular chain reconstruction. In *Prostheses: Design, Types and Complications*; Colombo, D.F.; Rossi G.S., Eds.; Publisher: Nova Biomedical, USA, **2012**; pp. 83-95.
18. Lerouge, S.; Simmons, A. *Sterilisation of Biomaterials and Medical Devices*. Woodhead Publishing, England, **2012**.
19. Vaughan, G.D.; Mattox, K.L.; Feliciano, D.V.; Beall, A.C.Jr.; DeBaKey, M.E. Surgical Experience with Expanded Polytetrafluoroethylene (PTFE) as a replacement Graft for Traumatized Vessels. *J. Trauma* **1979**, *19*(6), 403-408. DOI: 10.1097/00005373-197906000-00003
20. Homsy, C.A. Soft Porous PTFE-Composite Alloplasts: Tissue-Bonding Characteristics. *J. Endocrinol.* **2009**, *4*(1), 25-32. DOI: 10.1089/end.2000.14.25
21. Albuquerque, P.C.; Aguiar, J.L.; Santos, S.M.; Pontes Filho, N.; Mello, R.J.; Costa, M.L.; Albuquerque, C.M.; Almeida, T.M.; Santos, A.H.; Silva, J.C. Comparative study of the areas of osteochondral defects produced in the femoral condyles of rabbits treated with gel of sugarcane biopolymer. *Acta Cir. Bras.* **2011**, *26*(5), 383-386. DOI: 10.1590/s0102-86502011000500010
22. Reed, A.M.; Gilding D.K. Biodegradable polymers for use in surgery. *Polymer* **1981**, *22*(4), 494-498. DOI: 10.1016/0032-3861(81)90168-3
23. Sekiya, N.; Ichioka, S.; Terada, D.; Tsuchiya, S.; Kobayashi, H. Efficacy of a poly glycolic acid (PGA)/collagen composite nanofibre scaffold on cell migration and neovascularisation in vivo skin defect model. *J. Plast. Surg. Hand Surg.* **2013**, *47*(6), 498-502. DOI: 10.3109/2000656X.2013.788507
24. Reichardt, A.; Arshi, A.; Schuster, P.; Polchow, B.; Shakibaei, M.; Gries, T.; Henrich, W.; Hetzer, R.; Lueders, C. Custom-Made Generation of Three-Dimensional Nonwovens Composed of Polyglycolide or Polylactide for the Cardiovascular Tissue Engineering. *J. Biomater. Tissue Eng.* **2012**, *2*(4), 322-329. DOI: 10.1166/jbt.2012.1054
25. Lee, S.H.; Kim, B.S.; Kim, S.H.; Choi, S.W.; Jeong, S.I.; Kwon, I.K.; Kang, S.W.; Nikolovski, J.; Mooney, D.J.; Han, Y.K.; Kim, Y.H. Elastic biodegradable poly(glycolide-co-caprolactone) scaffold for tissue engineering. *J. Biomed. Mater. Res. A* **2003**, *66*(1), 29-37. DOI: 10.1002/jbm.a.10497
26. Mercier, N.R.; Costantino, H.R.; Tracy, M.A.; Bonassar, L.J. Poly(lactide-co-glycolide) microspheres as a moldable scaffold for cartilage tissue engineering. *Biomaterials* **2005**, *26*(14), 1945-1952. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2004.06.030
27. Hirano, N.; Kusuhara, H.; Sueyoshi, Y.; Teramura, T.; Murthy, A.; Asamura, S.; Isogai, N.; Jacquet, R.D.; Landis, W.J. Ethanol treatment of nanoPGA/PCL composite scaffolds enhances human chondrocyte development in the cellular microenvironment of tissue-engineered auricle constructs. *PLOS One* **2021**, *16*(7), Art. No. e0253149. DOI: 10.1371/journal.pone.0253149
28. Haisch, A. Ear Reconstruction through Tissue Engineering. In *Advances in Oto-Rhino-Laryngology. Aesthetics and Functionality in Ear Reconstruction*; Staudenmaier, R., Eds.; Publisher: Basel, Karger, Switzerland. **2010**, pp. 108-119.
29. Shimada, Y.; Hongo, M.; Miyakoshi, N.; Sugawara, T.; Kasukawa, Y.; Ando, S.; Ishikawa, Y.; Itoi, E. Dural substitute with polyglycolic acid mesh and fibrin glue for dural repair: technical note and preliminary results. *J. Orthop. Sci.* **2006**, *11*, 454-458. DOI: 10.1007/s00776-006-1044-7

30. Iwata, M.; Nakamura, T.; Takeishi, H.; Kasai, H.; Sannomiya, T. Usefulness of new method using absorbable sealing materials and fibrin glue to wound of partial glossectomy. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* **2017**, *46*, 345 - 346.
31. Imran Din, M.; Ahmed, M.; Ahmad, M.; Ghaffar, T.; Hussain, Z.; Khalid, R.; Samad, A. Novel and Facile Synthesis of Biodegradable Plastic Films from Cornmeal by Using the Microwave Polymerization Technique. *J. Chem.* **2022**, 2022, Art. No. 5697099. DOI: 10.1155/2022/5697099
32. Moreno Raja, M.; Lim, P.Q.; Wong, Y.S.; Xiong, G.M.; Zhang, Y.; Venkatraman, S.; Huang, Y. Polymeric Nanomaterials: Methods of Preparation and Characterization. In *Micro and Nano Technologies, Nanocarriers for Drug Delivery*; Mohapatra, S.S.; Ranjan, S.; Dasgupta, N.; Mishra, R.K.; Thomas, S., Eds.; Publisher: Elsevier, **2019**; pp. 557-653.
33. Worch, J.C.; Prydderch, H.; Jimaja, S.; Bexis, P.; Becker, M.L.; Dove, A.P. Stereochemical enhancement of polymer properties. *Nat. Rev. Chem.* **2019**, *3*(9), 514-535. DOI: 10.1038/s41570-019-0117-z
34. Reeve, M.S.; McCarthy, S.P.; Downey, M.J.; Gross R.A. Polylactide stereochemistry: effect on enzymic degradability. *Macromolecules* **1994**, *27*(3), 825-831. DOI: 10.1021/ma00081a030
35. Xie, Y.; Tan, J.; Fang, S.; Li, T.; Chen, Y.; Li, L.; Chen, N. A biodegradable, osteo-regenerative and biomechanically robust polylactide bone screw for clinical orthopedic surgery. *Int. Biol. Macromol.* **2024**, *28*(1), Art. No. 137477. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.137477
36. Li, X.; Chu, C.; Zhou, L.; Bai, J.; Guo, C.; Xue, F.; Lin, P.; Chu, P.K. Fully degradable PLA-based composite reinforced with 2D-braided Mg wires for orthopedic implants. *Compos. Sci. Technol.* **2017**, *142*, 180-188. DOI: 10.1016/j.compscitech.2017.02.013
37. Chavalitpanya, K.; Phattananurudee, S. Poly (lactic acid)/polycaprolactone blends compatibilized with block copolymer. *Ener. Procedia* **2013**, *34*, 542-548. DOI: 10.1016/j.egypro.2013.06.783
38. Athanasiou, K.A.; Agrawal, C.M.; Barber, F.A.; Burkhart, S.S. Orthopaedic applications for PLA-PGA biodegradable polymers. *Arthroscopy* **1998**, *14*(7), 726-737. DOI: 10.1016/S0749-8063(98)70099-4.
39. Armentano, I.; Bitinis, N.; Fortunati, E.; Mattioli, S.; Rescignano, N.; Verdejo, R.; Lopez-Manchado M.A.; Kenny, J.M. Multifunctional nanostructured PLA materials for packaging and tissue engineering. *Prog. Polym. Sci.* **2013**, *38*(10-11), 1720-1747. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2013.05.010
40. Arif, Z.U.; Khalid, M.Y.; Noroozi, R.; Sadeghianmaryan, A.; Jalalvand, M.; Hossain, M. Recent advances in 3D-printed polylactide and polycaprolactone-based biomaterials for tissue engineering applications. *Int. J. Biol. Macromol.* **2022**, *218*, 930-968. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.140
41. Kumar, A.; Han, S.S. PVA-based hydrogels for tissue engineering: A review. *Int. J. Polym. Mater. Polym. Biomater.* **2016**, *66*(4), 159-182. DOI: 10.1080/00914037.2016.1190930
42. Karimi, A.; Navidbakhsh, M. Mechanical properties of PVA material for tissue engineering applications. *Mater. Technol.* **2013**, *29*(2), 90-100. DOI: 10.1179/1753555713Y.0000000115
43. Manohar, D.; Babu, R.S.; Vijaya, B.; Nallakumar, S.; Gobi, R.; Anand, S.; Nishanth, D.S.; Anupama, A.; Usha Rani, M. A review on exploring the potential of PVA and chitosan in biomedical applications: A focus on tissue engineering, drug delivery and biomedical sensors. *Int. J. Biol. Macromol.* **2024**, *283*(2), Art. No. 137318. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.137318
44. Sinha, A.; Das, G.; Sharma, B.K.; Prabahan Roy, R.; Pramanick, A.K.; Nayar, S. Poly(vinyl alcohol)-hydroxyapatite biomimetic scaffold for tissue regeneration. *Mater. Sci. Eng. C.* **2007**, *27*(1), 70-74. DOI: 10.1016/j.msec.2006.02.008
45. Dattola, E.; Parrotta, E.I.; Scalise, S.; Perozziello, G.; Limongi, T.; Candeloro, P.; Coluccio, M.L.; Maletta, C.; Bruno, L.; De Angelis, M.T.; Santamaria, G.; Mollace, V.; Lamanna, E.; Di Fabrizio, E.; Cuda, G. Development of 3D PVA scaffolds for cardiac tissue engineering and cell screening applications. *RSC Adv.* **2019**, *9*, 4246-4257. DOI: 10.1039/C8RA08187E
46. Choi, S.M.; Singh, D.; Kumar, A.; Oh, T.H.; Cho, Y.W.; Han, S.S. Porous Three-Dimensional PVA/Gelatin Sponge for Skin Tissue Engineering. *Int. J. Polym. Mater. Polym. Biomater.* **2013**, *62*(7), 384-389. DOI: 10.1080/00914037.2012.710862
47. Zulkifli, F.H.; Hussain, F.S.J.; Rasad, M.S.B.A.; Yusoff, M.M. In vitro degradation study of novel HEC/PVA/collagen nanofibrous scaffold for skin tissue engineering applications. *Polym. Degrad. Stab.* **2014**, *110*, 473-481. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2014.10.017
48. Leiggener, C.S.; Curtis, R.; Müller, A.A.; Pfluger, D.; Gogolewski, S.; Rahn, B.A.; Influence of copolymer composition of polylactide implants on cranial bone regeneration. *Biomaterials* **2006**, *27*(2), 202-207. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2005.05.068
49. Jung, Y.; Park, M.S.; Lee, J.W.; Kim, Y.H.; Kim, S.; Kim, S.H. Cartilage regeneration with highly-elastic three-dimensional scaffolds prepared from biodegradable poly(l-lactide-co-ε-caprolactone). *Biomaterials* **2008**, *29*(35), 4630-4636. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2008.08.031
50. Hong, Y.; Gong, Y.; Gao, C.; Shen, J. Collagen-coated polylactide microcarriers/chitosan hydrogel composite: injectable scaffold for cartilage regeneration. *J. Biomed. Mater. Res. A.* **2008**, *85*(3), 628-637. DOI: 10.1002/jbm.a.31603
51. Hanta, A.; Rinaudo, M. Characterization of the alginates from five madagascan brown algae. *Carbohydr. Polym.* **2010**, *82*(3), 555-560. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.05.002
52. Horn, S.J.; Moen, E.; Østgaard, K. Direct determination of alginate content in brown algae by near infra-red (NIR) spectroscopy. *J. Appl. Phycol.* **1999**, *11*, 9-13.
53. Draget, K.I.; Steinsvåg, K.; Onsøyen, E.; Smidsrød, O. Na- and K-alginate; effect on Ca²⁺-gelation.

- Carbohydr. Polym.* **1998**, 35(1-2), 1-6. DOI: 10.1016/S0144-8617(97)00237-3
54. Wang, X.; Spencer, H.G. Calcium alginate gels: formation and stability in the presence of an inert electrolyte. *Polymer* **1998**, 39 (13), 2759-2764. DOI: 10.1016/S0032-3861(97)00597-1
 55. Ceccaldi, C.; Fullana, S.G.; Alfarano, C.; Lairez, O.; Calise, D.; Cussac, D.; Parini, A.; Sallerin, B. Alginate scaffolds for mesenchymal stem cell cardiac therapy: influence of alginate composition. *Cell Transplantation* **2012**, 1(9), 1969-1984. DOI: 10.3727/096368912X647252
 56. Qiao, S.P.; Zhao, Y.F.; Li, C.F.; Yin, Y.B.; Meng, Q.Y.; Lin, F.H.; Liu, Y.; Hou, X.; Guo, K.; Che, X.; Tian, W.M. An alginate-based platform for cancer stem cell research. *Acta biomater.* **2016**, 37, 83-92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2016.04.032>
 57. Garate, A.; Murua, A.; Orive, G.; Hernández, R.M.; Pedraz, J.L. Stem Cells in Alginate Bioscaffolds. *Therap Deliv.* **2012**, 3(6), 761-774. DOI: 10.4155/tde.12.53
 58. Zhou, H.; Xu, H.H. The fast release of stem cells from alginate-fibrin microbeads in injectable scaffolds for bone tissue engineering. *Biomaterials* **2011**, 32(30), 7503-7513. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2011.06.045
 59. Zhang, Z.; Li, Z.; Li, Y.; Wang, Y.; Yao, M.; Zhang, K.; Chen, Z.; Yue, H.; Shi, J.; Guan, F.; Ma, S. Sodium alginate/collagen hydrogel loaded with human umbilical cord mesenchymal stem cells promotes wound healing and skin remodeling. *Cell Tissue Res.* **2021**, 383, 809-821. DOI: 10.1007/s00441-020-03321-7
 60. Zhang, Y.; Chen, H.; Long, X.; Xu, T. Three-dimensional-engineered bioprinted in vitro human neural stem cell self-assembling culture model constructs of Alzheimer's disease. *Bioactive Mater.* **2022**, 11, 192-205.
 61. Yilgör, İ.; McGrath, J.E. Polysiloxane containing copolymers: a survey of recent developments. In *Polysiloxane copolymers/anionic polymerization*; Publisher: Springer Berlin, Heidelberg, Niemcy, **2005**; 1-86.
 62. Abbasi, F.; Mirzadeh, H.; Katbab, A.A. Modification of polysiloxane polymers for biomedical applications: a review. *Polym. Int.* **2001**, 12(5), 1279-1287. DOI: 10.1002/pi.783
 63. Dvornic, P.R. Thermal properties of polysiloxanes. In *Silicon-containing polymers: the science and technology of their synthesis and applications*; Jones, R.G.; Ando, W.; Chojnowski, J., Eds.; Dordrecht: Springer Netherlands, **2000**; pp. 185-212.
 64. Mark, J.E. Some interesting things about polysiloxanes. *Acc. Chem. Res.* **2004**, 37(12), 946-953.
 65. Aydin, C.; Nemli, S.K.; Yilmaz, H. Esthetic, functional, and prosthetic outcomes with implant-retained finger prostheses. *Prosthet Orthot Int.* **2013**, 37(2), 168-174. DOI: 10.1177/0309364612449850
 66. Chauhan, M.S.; Saini, S.; Sangur, R. Rehabilitation of amputated finger with silicone finger prosthesis. *Guident* **2016**, 9(4), 10-13.
 67. Misirlioglu, A.; Yavuz, A.; Akoz, T. The Use of Polysiloxane in Total Auricular Reconstruction with Autogenous Rib Cartilage Grafts. *J. Int. Adv. Otol.* **2009**, 5(1), 56-61.
 68. González Calderón, J.A.; Contreras López, D.; Pérez, E.; Vallejo Montesinos, J. Polysiloxanes as polymer matrices in biomedical engineering: their interesting properties as the reason for the use in medical sciences. *Polym. Bull.* **2020**, 77, 2749-2817. DOI: 10.1007/s00289-019-02869-x
 69. Sherman, M.A. Synthesis and characterization of polyisobutylene/polydimethylsiloxane bicomponent networks. PhD dissertation, The University of Akron, Akron, USA, 1998.
 70. Kadziński, L.; Prokopowicz, M.; Jakóbkiewicz-Banecka, J.; Gabig-Cimińska, M.; Łukasiak, J.; Banecki, B. Effect of Silicone on the Collagen Fibrillogenesis and Stability. *J. Pharm. Sci.* **2015**, 104(4), 1275-1281. DOI: 10.1002/jps.24351
 71. Akindoyo, J.O.; Beg, M.; Ghazali, S.; Islam, M.R.; Jeyaratnam, N.; Yuvaraj, A.R. Polyurethane types, synthesis and applications-a review. *Rsc Advances* **2016**, 6(115), 114453-114482. DOI: 10.1039/C6RA14525F
 72. Krol, P. Synthesis methods, chemical structures and phase structures of linear polyurethanes. Properties and applications of linear polyurethanes in polyurethane elastomers, copolymers and ionomers. *Prog. Mater. Sci.* **2007**, 52(6), 915-1015.
 73. Sardon, H.; Pascual, A.; Mecerreyes, D.; Taton, D.; Cramail, H.; Hedrick, J.L. Synthesis of polyurethanes using organocatalysis: A perspective. *Macromolecules* **2015**, 48(10), 3153-3165. DOI: 10.1021/acs.macromol.5b00384
 74. Mathur, A.B.; Collier, T.O.; Kao, W.J.; Wiggins, M.; Schubert, M.A.; Hiltner, A.; Anderson, J.M. In vivo biocompatibility and biostability of modified polyurethanes. *J. Biomed. Mater. Res.* **1997**, 36(2), 246-257. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4636(199708)36:2%3C246::AID-JBM14%3E3.0.CO;2-E
 75. Laschke, M.W.; Strohe, A.; Scheuer, C.; Eglin, D.; Verrier, S.; Alini, M.; Pohlemann, T.; Menger, M.D. . In vivo biocompatibility and vascularization of biodegradable porous polyurethane scaffolds for tissue engineering. *Acta Biomater.* **2009**, 5(6), 1991-2001. DOI: 10.1016/j.actbio.2009.02.006
 76. Ergene, E.; Yagci, B.S.; Gokyer, S.; Eyidogan, A.; Aksoy, E.A.; Huri, P.Y. A novel polyurethane-based biodegradable elastomer as a promising material for skeletal muscle tissue engineering. *Biomed. Mater.* **2019**, 14(2), Art. No. 025014. DOI: 10.1088/1748-605X/ab007a
 77. Gokyer, S.; Yilgor, E.; Yilgor, I.; Berber, E.; Vrana, E.; Orhan, K.; Monsef, Y.A.; Guvener, O.; Zinnuroglu, M.; Oto, C.; Yilgor Huri, P. 3D printed biodegradable polyurethaneurea elastomer recapitulates skeletal muscle structure and function. *ACS Appl. Bio Mater.* **2021**, 7(11), 5189-5205. DOI: 10.1021/acsbomaterials.1c00703
 78. Pritchett, J.W. Total Articular Knee Replacement Using Polyurethane. *J. Knee Surg.* **2020**, 33(03), 242-246. DOI: 10.1055/s-0039-1677816
 79. Verdonk, R. Polyurethane Implant (ACTIFIT). In: *Meniscal Transplantation*; Verdonk, R.; Espregueira

- Mendes, J.; Monllau, J., Eds.; Springer, Berlin, Heidelberg, Niemcy, **2013**, pp. 83-97.
80. Ker, D.F.E.; Wang, D.; Behn A.W.; Wang, E.T.H.; Zhang, X.; Zhou, B.Y.; Mercado-Pagán, Á.E.; Kim, S.; Kleimeyer, J.; Gharaibeh, B.; Shanjani, Y.; Nelson, D.; Safran, M.; Cheung, E.; Campbell, P.; Yang, Y.P. Functionally Graded, Bone- and Tendon-Like Polyurethane for Rotator Cuff Repair. *Adv. Funct. Mater.* **2018**, 28(20), Art. No. 1707107. DOI: 10.1002/adfm.201707107
81. Jaeblo, T.D.O. Polymethylmethacrylate: Properties and Contemporary Uses in Orthopaedics. *JAAOS* **2010**, 18 (5), 297-305. DOI: 10.5435/00124635-201005000-00006
82. Radhakumary, C.; Nair, P.D.; Mathew, S.; Nair, C.R. Biopolymer composite of chitosan and methyl methacrylate for medical applications. *Trends Biomater. Artif. Organs.* **2005**, 18(2), 117-124.
83. Sahoo, P.K.; Samal, R. Fire retardancy and biodegradability of poly(methyl methacrylate) /montmorillonite nanocomposite. *Polym. Degrad. Stab.* **2007**, 92(9), 1700-1707. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2007.06.003
84. Zeng, W.R., Li, S.F.; Chow, W.K. Preliminary studies on burning behavior of polymethylmethacrylate (PMMA). *J. Fire Sci.* **2002**, 20(4), 297-317. DOI: 10.1177/073490402762574749
85. Kalachandra, S.; Turner, D.T. Water sorption of polymethacrylate networks: Bis-GMA/TEGDM copolymers. *J. Biomed. Mater. Res.* **1987**, 21(3), 329-338. DOI: 10.1002/jbm.820210306
86. Kalachandra, S.; Turner D.T. Water sorption of poly(methyl methacrylate): 3. Effects of plasticizers. *Polymer* **1987**, 28(10), 1749-1752. DOI: 10.1016/0032-3861(87)90019-X.
87. Hughes, L.J.; Britt, G.E. Compatibility studies on polyacrylate and polymethacrylate systems. *J. Appl. Polym. Sci.* **1961**, 5(15), 337-348. DOI: 10.1002/app.1961.070051514
88. Zheng, Z.; Chen, S.; Liu, X.; Wang, Y.; Bian, Y.; Feng, B.; Zhao, R.; Qiu, Z.; Sun, Y.; Zhang, H.; Cui, F.; Yang, X.; Weng, X. A bioactive polymethylmethacrylate bone cement for prosthesis fixation in osteoporotic hip replacement surgery. *Mater. Des.* **2021**, 209, Art. No. 109966. DOI: 10.1016/j.matdes.2021.109966
89. Weinrauch P.C.; Bell, C.; Wilson, L.; Goss, B.; Lutton, C.; Crawford, R.W. Shear Properties of Bilaminar Polymethylmethacrylate Cement Mantles in Revision Hip Joint Arthroplasty. *J. Arthroplasty* **2007**, 22(3), 394-403. DOI: 10.1016/j.arth.2006.04.010.
90. Convery, F.R.; Gunn, D.R.; Hughes, J.D.; Martin, W.E. The relative safety of polymethylmethacrylate. A controlled clinical study of randomly selected patients treated with Charnley and ring total hip replacements. *J. Bone Joint Surg. Am.* **1975**, 57(1), 57-64.
91. Vandencastele, N.; Nisol, B.; Viville, P.; Lazzaroni, R.; Castner, D.G.; Reniers, F. Plasma-modified PTFE for biological applications: correlation between protein-resistant properties and surface characteristics. *Plasma Process Polym.* **2008**, 5(7), 661-671.
92. Okahara, K.; Kambayashi, J.; Shibuya, T.; Kawasaki, T.; Sakon, M.; Dohi, Y.; Oka, Y.; Ito, S.; Miyake, S. An infection-resistant PTFE vascular graft; spiral coiling of the graft with ofloxacin-bonded PTFE thread. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* **1995**, 9(4), 408-414. DOI: 10.1016/S1078-5884(05)80008-5
93. Nistal, F.; García-Martínez, V.; Arbe, E.; Fernández, D.; Artiñano, E.; Mazorra, F.; Gallo, I. In vivo experimental assessment of polytetrafluoroethylene trileaflet heart valve prosthesis. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **1990**, 99(6), 1074-1081. DOI: 10.1016/S0022-5223(20)31464-1
94. Bezuidenhout, D.; Williams, D.F.; Zilla, P. Polymeric heart valves for surgical implantation, catheter-based technologies and heart assist devices. *Biomaterials* **2015**, 36, 6-25. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2014.09.013
95. Roll, S.; Müller-Nordhorn, J.; Keil, T.; Scholz, H.; Eidt, D.; Greiner, W.; Willich, S.N. Dacron® vs. PTFE as bypass materials in peripheral vascular surgery-systematic review and meta-analysis. *BMC Surgery* **2008**, 8, Art. No. 22. DOI: 10.1186/1471-2482-8-22
96. Albers, M.; Battistella, V.M.; Romiti, M.; Rodrigues, A.A.E.; Pereira, C.A.B. Meta-analysis of polytetrafluoroethylene bypass grafts to infrapopliteal arteries. *J. Vasc. Surg.* **2003**, 37(6), 1263-1269. DOI: 10.1016/S0741-5214(02)75332-9
97. Viterbo, F.; Batalha, P.K.M.; Bacchi, C.E. Thread Seal Tape” (Polytetrafluoroethylene) Implanted in the Subcutaneous Tissue of Rats. *Aesthetic Plast. Surg.* **2006**, 30, 77-80. DOI: 10.1007/s00266-004-0092-7
98. Datta, P.; Mohi, G.K.; Chander, J. High Quality PTFE Thread Seal Tape. *J. Lab. Physicians.* **2018**, 10(1), 6-14.
99. Rittgers, S.E.; Garcia-Valdez, C.; McGuigan, J.A. Non-invasive measurement of blood flow-rate in expanded polytetrafluoroethylene grafts. *J. Med. Eng. Technol.* **1985**, 9(1), 1-4. DOI: 10.3109/03091908509018197
100. Yeh, Y.S.; Iriyama, Y.; Matsuzawa, Y.; Hanson, S.R.; Yasuda, H. Blood compatibility of surfaces modified by plasma polymerization. *J. Biomed. Mater. Res.* **1988**, 22 (9), 795-818.
101. Glycolic Acid: What It's Used For, How to Use & Side Effects. Available online: <https://www.tuasaude.com/en/glycolic-acid/> (accessed on 03.02.2025).
102. Misra, V.; Shrivastava, A.K.; Shukla, S.P.; Solomon, S.; Ansari, M.I. Sugarcane: A boon for enhancing women's beauty. *Agrica* **2016**, 5(1), 1-6. DOI: 10.5958/2394-448X.2016.00001.8
103. Gilding, D.K.; Reed, A.M. Biodegradable polymers for use in surgery—polyglycolic/poly (lactic acid) homo- and copolymers: 1. *Polymer* **1979**, 20(12), 1459-1464. DOI: 10.1016/0032-3861(79)90009-0
104. Pappalardo, D.; Mathisen, T.; Finne-Wistrand, A. Biocompatibility of resorbable polymers: a historical perspective and framework for the future. *Biomacromolecules* **2019**, 20 (4), 1465-1477. DOI: 10.1021/acs.biomac.9b00159
105. Marmon, L.M.; Vinocur, C.D.; Standiford, S.B.; Wagner, C.W.; Dunn, J.M.; Weintraub, W.H. Evaluation of absorbable polyglycolic acid mesh as

- a wound support. *J. Pediatr. Surg.* **1985**, *20*(6), 737-742. DOI: 10.1016/S0022-3468(85)80036-1
106. Pavan, A.; Bosio, M.; Longo, T. A comparative study of poly (glycolic acid) and catgut as suture materials. Histomorphology and mechanical properties. *J. Biomed. Mater. Res. A* **1979**, *13*(3), 477-496. DOI: 10.1002/jbm.820130312
107. Ozawa, T.; Mickle, D.A.; Weisel, R.D.; Koyama, N.; Ozawa, S.; Li, R.K. Optimal biomaterial for creation of autologous cardiac grafts. *Circulation* **2002**, *106* (12_suppl_1), 1-176. DOI: 10.1161/01.cir.0000032901.55215.cc
108. Liu, L.; Tang, Y.; Li, Y.; Zhang, Y. Study on the application of degradable occluder in the interventional treatment of congenital heart disease. *MEDS Clinical Medicine* **2024**, *5*(1), 14-19. DOI: 10.23977/medsc.2024.050103
109. Jiao, H.; Yao, J.; Yang, Y.; Chen, X.; Lin, W.; Li, Y.; Gu, X.; Wang, X. Chitosan/polyglycolic acid nerve grafts for axon regeneration from prolonged axotomized neurons to chronically denervated segments. *Biomaterials* **2009**, *30*(28), 5004-5018. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2009.05.059
110. Nakamura, T.; Inada, Y.; Fukuda, S.; Yoshitani, M.; Nakada, A.; Itoi, S.I.; Kanemaru, S.; Endo, K.; Shimizu, Y. Experimental study on the regeneration of peripheral nerve gaps through a polyglycolic acid-collagen (PGA-collagen) tube. *Brain Res.* **2004**, *1027* (1-2), 18-29. DOI: 10.1016/j.brainres.2004.08.040
111. Razzak, M.T.; Dewi, S.P.; Lely, H.; Taty, E. The characterization of dressing component materials and radiation formation of PVA-PVP hydrogel. *Radiat. Phys. Chem.* **1999**, *55*(2), 153-165. DOI: 10.1016/S0969-806X(98)00320-X
112. Pant, J.; Pedaparthi, S.; Hopkins, S.P.; Goudie, M.J.; Douglass, M.E.; Handa, H. Antibacterial and cellular response toward a gasotransmitter-based hybrid wound dressing. *ACS Appl. Bio Mater.* **2019**, *5*(8), 4002-4012. DOI: 10.1021/acsbomaterials.9b00737
113. Wang, W.; Yu, Q.; Shao, Z.; Guo, Y.; Wang, Y.; Yang, Y.; Zhao, W.; Zhao, C. Exudate-Induced Gelatinizable Nanofiber Membrane with High Exudate Absorption and Super Bactericidal Capacity for Bacteria-Infected Wound Management. *Adv. Healthc. Mater* **2024**, *13*(9), Art. No. 2303293. DOI: 10.1002/adhm.202303293
114. Kaya, S.; Derman, S. Properties of ideal wound dressing. *J. Fac. Pharm. Ankara* **2023**, *47*(3), 1119-1131. DOI: 10.33483/jfpau.1253376
115. Kamoun, E.A.; Kenawy, E.R.S.; Chen, X. A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings. *J. Adv. Res.* **2017**, *8*(3), 217-233. DOI: 10.1016/j.jare.2017.01.005
116. Asiri, A.; Saidin, S.; Sani, M.H.; Al-Ashwal, R.H. Epidermal and fibroblast growth factors incorporated polyvinyl alcohol electrospun nanofibers as biological dressing scaffold. *Sci. Rep.* **2021**, *11*(1), Art. No. 5634. DOI: 10.1038/s41598-021-85149-x
117. Gao, T.; Jiang, M.; Liu, X.; You, G.; Wang, W.; Sun, Z.; Ma, A.; Chen, J. Patterned polyvinyl alcohol hydrogel dressings with stem cells seeded for wound healing. *Polymers* **2019**, *11*(1), Art. No. 171. DOI: 10.3390/polym11010171
118. Dorkhani, E.; Faryabi, A.; Noorafkan, Y.; Heirani, A.; Behboudi, B.; Fazeli, M.S.; Kazemeini, A.; Keramati, M.R.; Keshvari, A.; Tafti, S.M.A. Biomedical properties and hemostatic efficacy of polyvinyl alcohol (PVA) based hydrogel in experimental rat liver injury model. *J. Appl. Biomater. Funct. Mater* **2023**, *21*, Art. No. 22808000231198803. DOI: 10.1177/22808000231198803
119. Güiza-Argüello, V.R.; Solarte-David, V.A.; Pinzón-Mora, A.V.; Ávila-Quiroga, J.E.; Becerra-Bayona, S.M. Current advances in the development of hydrogel-based wound dressings for diabetic foot ulcer treatment. *Polymers* **2022**, *14*(14), Art. No. 2764. DOI: 10.3390/polym14142764
120. Yao, Y.; Zhang, A.; Yuan, C.; Chen, X.; Liu, Y. Recent trends on burn wound care: Hydrogel dressings and scaffolds. *Biomater. Sci.* **2021**, *9*(13), 4523-4540. DOI: 10.1039/D1BM00411E
121. Aderibigbe, B.A.; Buyana, B. Alginate in wound dressings. *Pharmaceutics* **2018**, *10*(2), Art. No. 42. DOI: 10.3390/pharmaceutics10020042
122. Barros, N.R.; Ahadian, S.; Tebon, P.; Rudge, M.V.C.I. Barbosa, A.M.P.; Herculano, R.D. Highly absorptive dressing composed of natural latex loaded with alginate for exudate control and healing of diabetic wounds. *Mater. Sci. Eng. C.* **2021**, *119*, Art. No. 111589. DOI: 10.1016/j.msec.2020.111589
123. Zhang, M.; Zhao, X. Alginate hydrogel dressings for advanced wound management. *Int. J. Biol. Macromol.* **2020**, *162*, 1414-1428. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.311
124. Barbu, A.; Neamtu, B.; Zăhan, M.; Iancu, G.M.; Bacila, C.; Mireșan, V. Current trends in advanced alginate-based wound dressings for chronic wounds. *J. Pers. Med.* **2021**, *11* (9), Art. No. 890. DOI: 10.3390/jpm11090890
125. Wiśniewska-Wrona, M.; El Fray, M. Functional three-component polymeric biocomposites for the treatment of bedsores. *Prog. Chem. Appl. Chitin Deriv.* **2018**, *23*, 185-206. DOI: 10.15259.PCADC.23.19
126. Hassanzadeh-Tabrizi, S.A. Alginate based hemostatic materials for bleeding management: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* **2024**, *274*(1), Art. No. 133218. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.133218
127. Qin, Y. The gel swelling properties of alginate fibers and their applications in wound management. *Polym. Adv. Technol.* **2008**, *19*(1), 6-14. DOI: 10.1002/pat.960
128. Hampton, S. The role of alginate dressings in wound healing. *Diabet. Foot* **2004**, *7* (4), 162-167.
129. Balakrishnan, B.; Mohanty, M.; Umashankar, P.R.; Jayakrishnan, A. Evaluation of an in situ forming hydrogel wound dressing based on oxidized alginate and gelatin. *Biomaterials* **2005**, *26* (32), 6335-6342. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2008.03.021
130. Kim, J.O.; Park, J.K.; Kim, J.H.; Jin, S.G.; Yong, C.S.; Li, D.X.; Coi, J.Y.; Woo, S.J.; Yoo, B.K.; Lyoo, W.S.; Kim, J.A.; Choi, H. G. Development of polyvinyl alcohol-sodium alginate gel-matrix-based wound

- dressing system containing nitrofurazone. *Int. J. Pharm.* **2008**, 359(1-2), 79-86. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2008.03.021
131. Park, S.; Mondal, K.; Treadway III, R.M.; Kumar, V.; Ma, S.; Holbery, J.D.; Dickey, M.D. Silicones for stretchable and durable soft devices: Beyond Sylgard-184. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2018**, 10(13), 11261-11268. DOI: 10.1021/acsami.7b18394
132. Stern, S.A.; Shah, V.M.; & Hardy, B.J. Structure-permeability relationships in silicone polymers. *J. Polym. Sci. B Polym. Phys.* **1987**, 25(6), 1263-1298. DOI: 10.1002/polb.1987.090250607
133. Lam, M.; Migonney, V.; Falentin-Daudre, C. Review of silicone surface modification techniques and coatings for antibacterial/antimicrobial applications to improve breast implant surfaces. *Acta Biomater.* **2021**, 121, 68-88. DOI: 10.1016/j.actbio.2020.11.020
134. Busch, H. Silicone toxicology. *Semin. Arthritis Rheum.* **1994**, 24 (1), 1-17. DOI: 10.1016/0049-0172(94)90104-X
135. Rogers, W.J. Sterilisation techniques for polymers. In *Sterilisation of Biomaterials and Medical Devices*; Lerouge, S., Simmons, A., Eds.; Woodhead Publishing, **2012**, pp. 151-211.
136. Garrido, L.; Bogdanova, A.; Cheng, L.L.; Pfleiderer, B.; Tokareva, E.; Ackerman, J.L.; Brady, T.J. Detection of silicone migration and biodegradation with NMR. In *Immunology of Silicones. Current Topics in Microbiology and Immunology*; Potter, M., Rose, N.R., Eds.; Springer, Berlin, Heidelberg. **1996**, pp. 49-58.
137. Stavrou, D.; Weissman, O.; Winkler, E.; Yankelson, L.; Millet, E.; Mushin, O.P.; Liran, A.; Haik, J. Silicone-based scar therapy: a review of the literature. *Aesthetic Plast. Surg.* **2010**, 34, 646-651. DOI: 10.1007/s00266-010-9496-8
138. Clugston, P.A.; Vistnes, M.D.; Perry, L.C.; Maxwell, G.P.; Fisher, J. Evaluation of silicone-gel sheeting on early wound healing of linear incisions. *Ann. Plast. Surg.* **1995**, 34(1), 12-15. DOI: 10.1097/0000637-199501000-00003
139. Poojari, Y. Silicones for encapsulation of medical device implants. *Silicon* **2017**, 9(5), 645-649. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-017-9603-4>
140. Gasab, M.T.I.; Uchiyama, M.; Nakatani, T.; Valanezhad, A.; Watanabe, I.; Fujiyama, H. Advanced DLC coating technique on silicone-based tubular medical devices. *Surf. Coat. Technol.* **2016**, 307, 1084-1087. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2016.06.067
141. Shakiba, M.; Rezvani Ghomi, E.; Khosravi, F.; Jouybar, S.; Bigham, A.; Zare, M.; Abdouss, M.; Moaref, R.; Ramakrishna, S. Nylon—A material introduction and overview for biomedical applications. *Polym. Adv. Technol.* **2021**, 32(9), 3368-3383. DOI: 10.1002/pat.5372
142. Alves de Oliveira, M.; Arcanjo, A.; Castro, F.; Fernandes, J.C.H.; Fernandes, G.V.O. Evaluating and Comparing the Tensile Strength and Clinical Behavior of Monofilament Polyamide and Multifilament Silk Sutures: A Systematic Review. *Surgeries* **2024**, 5(2), 350-366. DOI: 10.3390/surgeries5020029
143. Mouseli, S.; Natouri, O.; Seghinsara, A.M.; Ghorbani, M.; Mokhtarzadeh, A.A.; Moghadam, F.M. Physicochemical and biological characterization of propolis-loaded composite polyamide-6/soybean protein nanofibers for wound healing applications. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* **2024**, 694, Art. No: 134172. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2024.134172
144. Bazbouz, M.B.; Stylios, G.K. The tensile properties of electrospun nylon 6 single nanofibers. *J. Polym. Sci. B Polym. Phys.* **2010**, 48(15), 1719-1731. DOI: 10.1002/polb.21993
145. Chu, C.; Matylevitch, N.P.; McManus, A.T.; Goodwin, C.W.; Pruitt, B.A. Jr. Accelerated Healing with a Mesh Autograft/Allodermal Composite Skin Graft Treated with Silver Nylon Dressings with and without Direct Current in Rats. *J. Trauma* **2000**, 49(1), 115-125. DOI: 10.1097/00005373-200007000-00018
146. Adams, A.P.; Santschi, E.M.; Mellencamp, M.A. Antibacterial properties of a silver chloride-coated nylon wound dressing. *Vet. Surg.* **1999**, 28(4), 219-225. DOI: 10.1053/jvet.1999.0219
147. Dharmavarapu, P.; Reddy, M.B.S. S Aramid fibre as potential reinforcement for polymer matrix composites: a review. *Emergent Mater.* **2022**, 5 (5), 1561-1578. DOI: 10.1007/s42247-021-00246-x
148. Mahltig, B. Fibers for radiation protection. In *Handbook of Fibrous Materials*; Hu, J.; Kumar, B.; Lu, J., Eds.; Publisher: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Niemcy, **2020**, pp. 889-926.
149. Kowsari, E.; Haddadi-Asl, V.; Ajdari, F.B.; Hemmat, J. Aramid fibers composites to innovative sustainable materials for biomedical applications. In *Materials for Biomedical Engineering*; Holban, A.-M.; Grumezescu, A.M., Eds.; Elsevier, **2019**; pp. 173-204.
150. Shrivastava, A., Chakraborty, M., & Singh, A. K. Biocomposites with polyamide fibers (nylons and aramids). In *Advances in Biocomposites and their Applications*; Karak, N., Ed.; Woodhead Publishing. Elsevier, **2024**, pp. 121-147.
151. Chaiken S. Physical Appearance and Social Influence. In *Physical Appearance, Stigma, and Social Behavior*; Herman, C.P.; Zanna, M.P.; Higgins, E.T., Eds.; Taylor & Francis Group, London; UK; **1986**, chapter 7.
152. Sobanko, J.F.; Sarwer, D.B.; Zvargulis, Z.; Miller, Christopher J. Importance of Physical Appearance in Patients With Skin Cancer. *Dermatol Surg.* **2015**, 41(2), 183-188. DOI: 10.1097/DSS.000000000000025
153. Barnes, B.; Yamamoto, M. Exploring international cosmetics advertising in Japan. *J. Mark. Manag.* **2008**, 24(3-4), 299-316. DOI: 10.1362/026725708X306112.
154. Płatek, K. Znaczenie reklamy telewizyjnej w nabywaniu dóbr przez kobiety na rynku kosmetycznym w Polsce, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Karaków, **2020**.
155. Rancan, F.; Blume-Peytavi, U.; Vogt, A. Utilization of biodegradable polymeric materials as delivery agents in dermatology. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* **2014**, 7, 23-34. DOI: 10.2147/CCID.S39559

156. Zhang, Z.; Tsai, P.C.; Ramezanli, T.; Michniak-Kohn, B.B. Polymeric nanoparticles-based topical delivery systems for the treatment of dermatological diseases. *Wiley Interdiscip. Rev. Nanomed. Nanobiotechnol.* **2013**, 5(3), 205-218. DOI: 10.1002/wnan.1211
157. Maksymiak, M.; Debowska, R.; Bazela, K.; Dzwigalska, A.; Orchel, A.; Jelonek, K.; Dolegowska, B.; Kowalczyk, M.; Adamus, G. Designing of biodegradable and biocompatible release and delivery systems of selected antioxidants used in cosmetology. *Biomacromolecules* **2015**, 16(11), 3603-3612. DOI: 10.1021/acs.biomac.5b01065
158. Zhao, P.; Zhao, W.; Zhang, K.; Lin, H.; Zhang, X. Polymeric injectable fillers for cosmetology: Current status, future trends, and regulatory perspectives. *J. Appl. Polym. Sci.* **2020**, 137(25), Art. No. 48515. DOI: 10.1002/app.48515
159. Peng, W.; Peng, Z.; Tang, P.; Sun, H.; Lei, H.; Li, Z.; Hui, D.; Du, C.; Zhoi, C.; Wang, Y. Review of plastic surgery biomaterials and current progress in their 3D manufacturing technology. *Materials* **2020**, 13 (18), Art. No. 4108. DOI: 10.3390/ma13184108
160. Bressan, E.; Favero, V.; Gardin, C.; Ferroni, L.; Iacobellis, L.; Favero, L.; Vindigni, V.; Berengo, M.; Sivoletta, S.; Zavan, B. Biopolymers for hard and soft engineered tissues: application in odontoiatric and plastic surgery field. *Polymers* **2011**, 3(1), 509-526. DOI: 10.3390/polym3010509
161. Swanson, A.B.; Meester, W.D.; Swanson, G. deGroot; Rangaswamy, L.; Schut, G.E.D. Durability of Silicone Implants – An In Vivo Study. *Orthop. Clin. North Am.* **1973**, 4(4), 1097-1112. DOI: 10.1016/S0030-5898(20)30840-3
162. Hauser, J.; Esenwein, S.-A.; Awakowicz, P.; Steinau, H.-U.; Köller, M.; Halfmann, H. Sterilization of Heat-Sensitive Silicone Implant Material by Low-Pressure Gas Plasma. *Biomed. Instrum. Technol.* **2011**, 45(1), 75-79. DOI: 10.2345/0899-8205-45.1.75
163. Donaldson, P.E.K. Hydrothermal stability of joints, using a silicone rubber adhesive, for a range of adherends of interest to makers of surgically-implanted microelectronic devices. *Int. J. Adhes. Adhes.* **1994**, 14(2), 103-107. DOI: 10.1016/0143-7496(94)90004-3
164. Heggors, J.P.; Kossovsky, N.; Parsons, R.W.; Robson, M.C.; Pelley, R.P.; Raine, T.J. Biocompatibility of silicone implants. *Ann. Plast. Surg.* **1983**, 11(1), 38-45. DOI: 10.1097/0000637-198307000-00006
165. Ahmad, M.; Pelorson, X.; Guasch, O.; Fernández, A.I.; Van Hirtum, A. Modelling and validation of the non-linear elastic stress-strain behaviour of multi-layer silicone composites. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* **2023**, 139, Art. No. 105690. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2023.105690
166. Sugimoto, H.; Nishino, G.; Tsuzuki, N.; Daimatsu, K.; Inomata, K.; & Nakanishi, E. Preparation of high oxygen permeable transparent hybrid copolymers with silicone macro-monomers. *Colloid Polym. Sci.* **2012**, 290, 173-181. DOI: 10.1007/s00396-011-2538-1
167. Bridges, A.J. Silicone Breast Implants: History, Safety, and Potential Complications. *Arch. Intern. Med.* **1993**, 153(23), Art. No. 2638. DOI: 10.1001/archinte.1993.00410230048007
168. Sánchez-Guerrero, J.; Colditz, G.A.; Karlson, E.W.; Hunter, D.J.; Speizer, F.E.; Liang, M.H. Silicone Breast Implants and the Risk of Connective-Tissue Diseases and Symptoms. *N. Engl. J. Med.* **1995**, 332(25), 1666-1670. DOI: 10.1056/NEJM199506223322502
169. Hillard, C.; Fowler, J.D.; Barta, R.; Cunningham, B. Silicone Breast Implant Rupture: A Review. *Gland Surg.* **2017**, 6(2), 163-168. DOI: 10.21037/g.s.2016.09.12
170. De Boer, M.; Colaris, M.; Van Der Hulst, R.R.W.J.; Cohen Tervaert, J. W. Is Explantation of Silicone Breast Implants Useful in Patients with Complaints? *Immunol. Res.* **2017**, 65(1), 25-36. DOI: 10.1007/s12026-016-8813-y
171. Hawe, M. Acrylic Polymers as Rheology Modifiers for Water-based Systems. In *Handbook of Industrial Water Soluble Polymers*; Williams P.A., Ed.; Publisher: Blackwell Publishing Ltd, **2007**, USA; pp. 32-72.
172. Lochhead, R.Y. The role of polymers in cosmetics: recent trends. In *ACS Symposium Series*; Morgan S.E.; Havelka, K.O.; Lochhead R.Y., Eds; Publisher: American Chemical Society, **2007**, 961-1015.
173. Babaluaei, M.; Mottaghitab, F.; Seifalian, A.; Farokhi, M. Injectable multifunctional hydrogel based on carboxymethylcellulose/polyacrylamide/polydopamine containing vitamin C and curcumin promoted full-thickness burn regeneration. *Int. J. Biol. Macromol.* **2023**, 236, Art. No. 124005. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.124005
174. von Buelow, S.; Pallua, N. Efficacy and Safety of Polyacrylamide Hydrogel for Facial Soft-Tissue Augmentation in a 2-Year Follow-Up: A Prospective Multicenter Study for Evaluation of Safety and Aesthetic Results in 101 Patients. *Plast. Reconstr. Surg.* **2006**, 118(3S), 85S-91S. DOI: 10.1097/01.prs.0000234844.59251.3f
175. Christensen, L.H.; Breiting, V.B.; Aasted, A.; Jørgensen, A.; Kbuladze, Ivan. Long-Term Effects of Polyacrylamide Hydrogel on Human Breast Tissue. *Plast. Reconstr. Surg.* **2003**, 111(6), 1883-1890. DOI: 10.1097/01.PRS.0000056873.87165.5A
176. Purnell, C.A.; Klosowiak, J.L.; Cheesborough, J.E.; Park, E.; Bandy, A.; Dumanian, G.A. Resolution of Cosmetic Buttock Injection-induced Inflammatory Reaction and Heart Failure after Excision of Filler Material. *Plast. Reconstr. Surg. - Glob. Open* **2016**, 4(10), Art. No. E1079. DOI: 10.1097/GOX.0000000000001079
177. Yang, Y; Li, S; He, J; Zhao, X; Chen, W; Dai, X; Liu, L. Clinicopathological Analysis of 90 Cases of Polyacrylamide Hydrogel Injection for Breast Augmentation Including 2 Cases Followed by Breast Cancer. *Breast Care (Basel)* **2020**, 15(1), 38-43. DOI: 10.1159/000499832
178. Von Buelow, S.; von Heimburg, D.; Pallua, N. Efficacy and safety of polyacrylamide hydrogel for facial soft-tissue augmentation. *Plast. Reconstr. Surg.* **2005**, 116(4), 1137-1146. DOI: 10.1097/01.prs.0000179349.14392.a4

179. Manafi, A.; Emami, A.H.; Pooli, A.H.; Habibi, M.; Saidian, L. Unacceptable results with an accepted soft tissue filler: polyacrylamide hydrogel. *Aesthetic Plast. Surg.* **2010**, *34*, 413-422. DOI: 10.1007/s00266-009-9359-3
180. Atiyeh, B.; Ghieh, F.; Oneisi, A. Safety and efficiency of minimally invasive buttock augmentation: a review. *Aesthetic Plast. Surg.* **2023**, *47(1)*, 245-259. DOI: 10.1007/s00266-022-03049-5
181. Bugmann, P.H.; Taylor, S.; Gyger, D.; Lironi, A.; Genin, B.; Vunda, A.; La Scala, G.; Birraux, J.; Le Coultre, C. A silicone-coated nylon dressing reduces healing time in burned paediatric patients in comparison with standard sulfadiazine treatment: a prospective randomized trial. *Burns* **1998**, *24(7)*, 609-612. DOI: 10.1016/S0305-4179(98)00095-3
182. Nathan, P.; Robb, E.C.; Dressler, D.; MacMillan, B.G. A silicone-nylon laminated dressing (IP-758) for closure of excised or débrided burn wounds. *Burns* **1982**, *8(5)*, 328-332. DOI: 10.1016/0305-4179(82)90032-8
183. Bernstein, R.M.; Rassman, W.R.; Rashid, N. A new suture for hair transplantation: poliglecaprone 25. *Dermatol. Surg.* **2001**, *27 (1)*, 5-11.
184. Lackey, J.; Mendese, G.; Grande, D. Using an absorbable purse-string suture to reduce surgical defects of the nose before placement of full-thickness skin grafts. *Dermatol. Surg.* **2015**, *41(5)*, 657-660. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000358
185. Mahajan, R.; Mosley, J.G. Use of a semipermeable polyamide dressing over skin grafts to venous leg ulcers. *Br. J. Surg.* **1995**, *82(10)*, 1359-1360. DOI: 10.1002/bjs.1800821020
186. Gumargalieva, K.; Zaikov, G. Burn dressings sorption and desorption kinetics and mechanism. In *Key Engineering Materials*, 1 ed., Kajzar, F; Pearce, E.M.; Turovskij, N.A.; Mukbaniani O.V., Eds.; Publisher: Apple Academic Press, New York, USA, **2014**, *Volume 2*, Chapter 14.
187. Adamietz, I.A.; Mose, S.; Haberl, A.; Saran, F.H.; Thilmann, C.; Böttcher, H.D. Effect of self-adhesive, silicone-coated polyamide net dressing on irradiated human skin. *Radiat. Oncol. Investig.* **1994**, *2(6)*, 277-282. DOI: 10.1002/roi.2970020605
188. Barillo, D.J.; Pozza, M.; Margaret-Brandt, M. A literature review of the military uses of silver-nylon dressings with emphasis on wartime operations. *Burns* **2014**, *40*, S24-S29. DOI: 10.1016/j.burns.2014.09.017
189. Chu, C; McManus, A.T.; Pruitt, B.A. Jr; Mason, A.D. Jr. Therapeutic Effects of Silver Nylon Dressings with Weak Direct Current on *Pseudomonas aeruginosa*-Infected Burn Wounds. *J. Trauma* **1988**, *28(10)*, 1488-1492. DOI: 10.1097/00005373-198810000-00016
190. Aurora, A.; Beasy, A.; Rizzo, J.A.; Chung, KK. The use of a silver-nylon dressing during evacuation of military burn casualties. *J. Burn Care Res.* **2018**, *39(4)*, 593-597. DOI: 10.1093/jbcr/irx026