

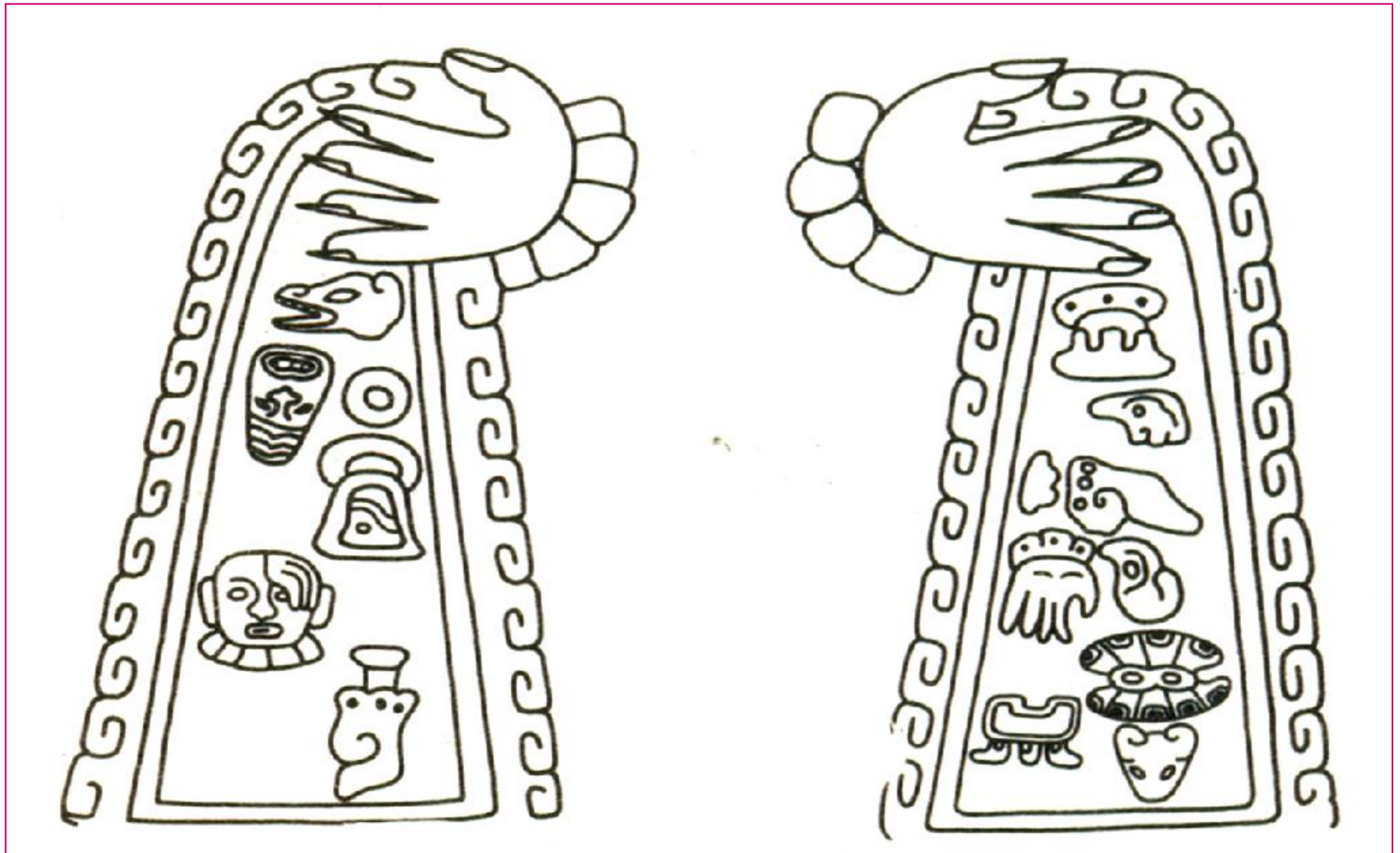
INŻYNIERIA TKANKOWA NA ŚWIECIE I W POLSCE

Leonora Bużańska

***Pracownia Bioinżynierii Komórek Macierzystych
Zakład Neurobiologii Naprawczej
Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im.
M. Mossakowskiego PAN***

***Połączone spotkanie komitetów PAN: biotechnologii,
genetyki człowieka, neurobiologii i nauk neurologicznych
Warszawa, 7 maja 2013***

PRZEKAZ AZTEKÓW



Liczne formy żywe, przypominające organy i tkanki, powstające w źródłach krwi wypływających z rąk Boga

Fresk z Teotihuacane, Meksyk, 7 wiek n.e.

DEFINICJA

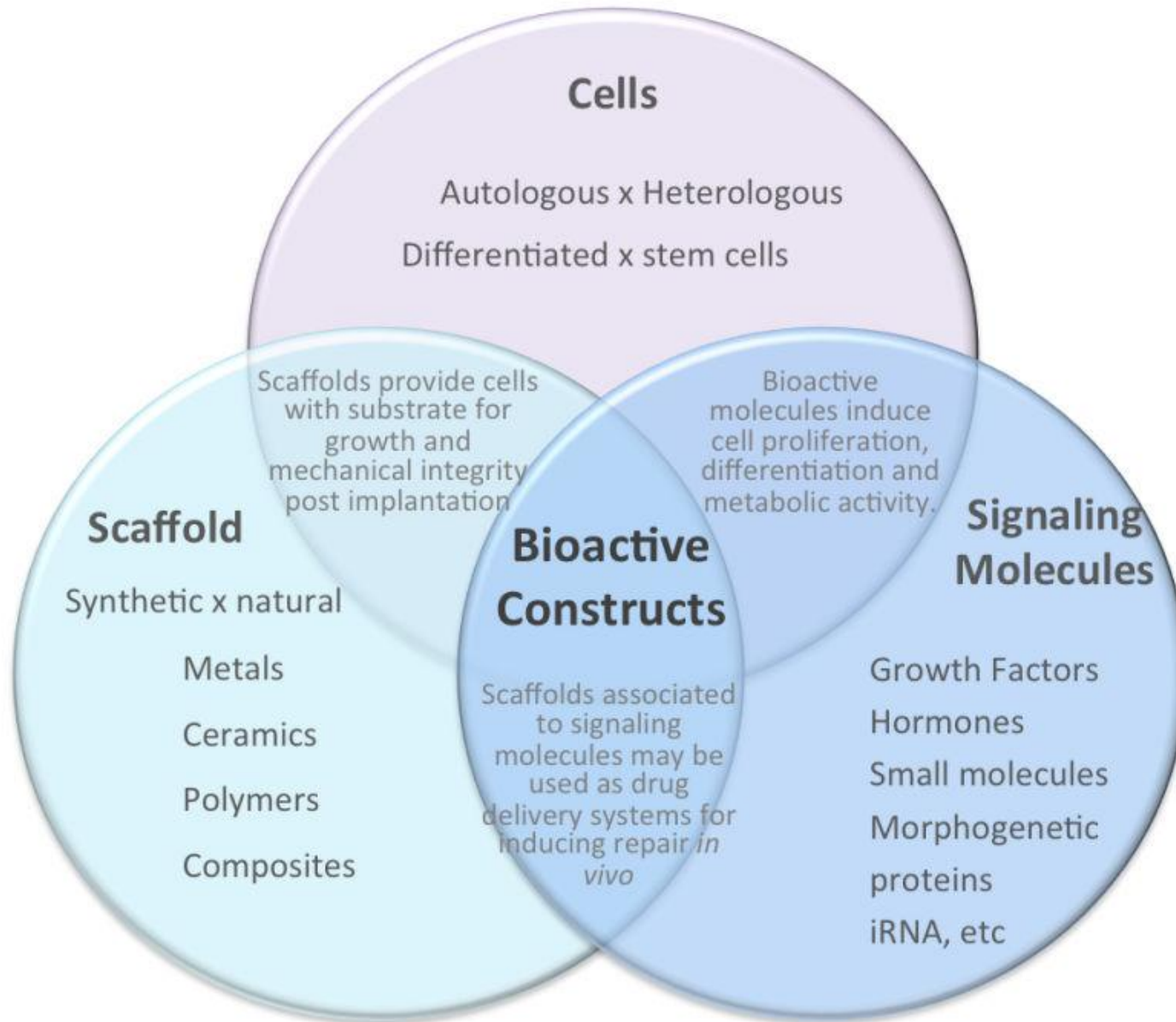
1988 rok – Dr Fung z Uniwersytetu w Kalifornii zaproponował na spotkaniu Narodowej Fundacji Nauki Stanów Zjednoczonych wyodrębnienie „Inżynierii Tkankowej” jako dyscypliny nauki.

Definicję opublikowano w 1988 r (Skalak R, Fox CF. Tissue engineering. New York: Liss; 1988) po pierwszym kongresie „Tissue engineering Meeting w Lake Tahoe, USA

„ Inżynieria tkankowa - dziedzina interdyscyplinarna, wykorzystująca podstawy inżynierii i nauk o życiu w celu pozyskania biologicznych zamienników, które przywracają, utrzymują lub poprawiają funkcjonowanie poszczególnych tkanek lub narządów.”

1993 rok - Langer i Vacanti opisują strategię tworzenia tkanki in vitro przy zastosowaniu trzech głównych filarów, przy czym każdy z tych filarów może być stosowany do regeneracji tkanki in vivo osobno lub w dowolnej kombinacji

TRZY FILARY INŻYNIERII TKANKOWEJ



„Biomimetyczne” – naśladujące naturę, ale stworzone przez człowieka

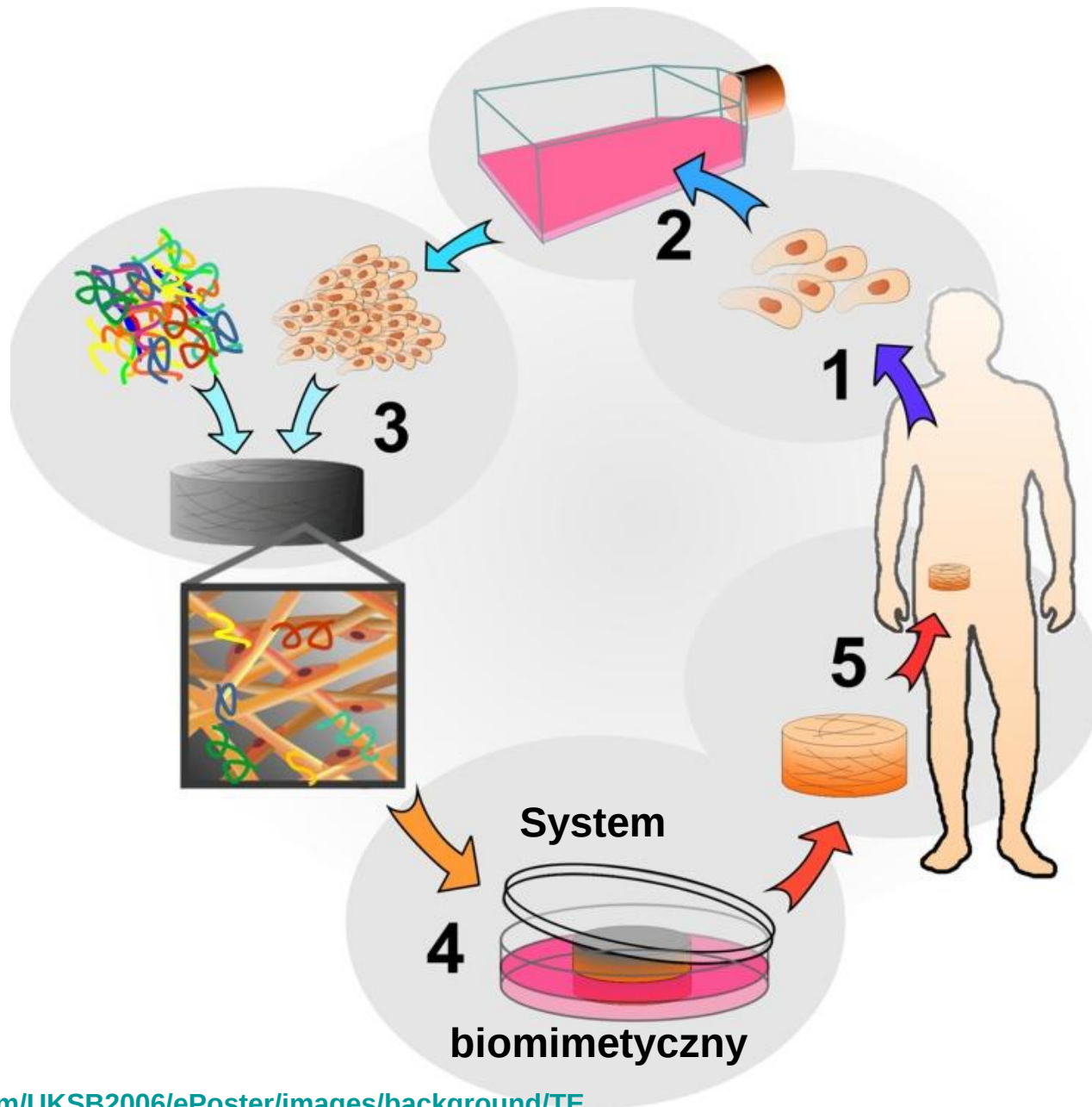
Może odnosić się do sztuki, nauki bądź przemysłu

Kontekst medycyny regeneracyjnej

System biomimetyczny – struktura *in vitro* nowej generacji, oparta na biomateriałach, zaprojektowana na potrzeby inżynierii tkankowej, która „naśladuje” mikrośrodowisko podobne do niszy naturalnej, istniejącej w tkance, jednocześnie umożliwia kontrolę przebiegu procesów komórkowych i morfogenetycznych.

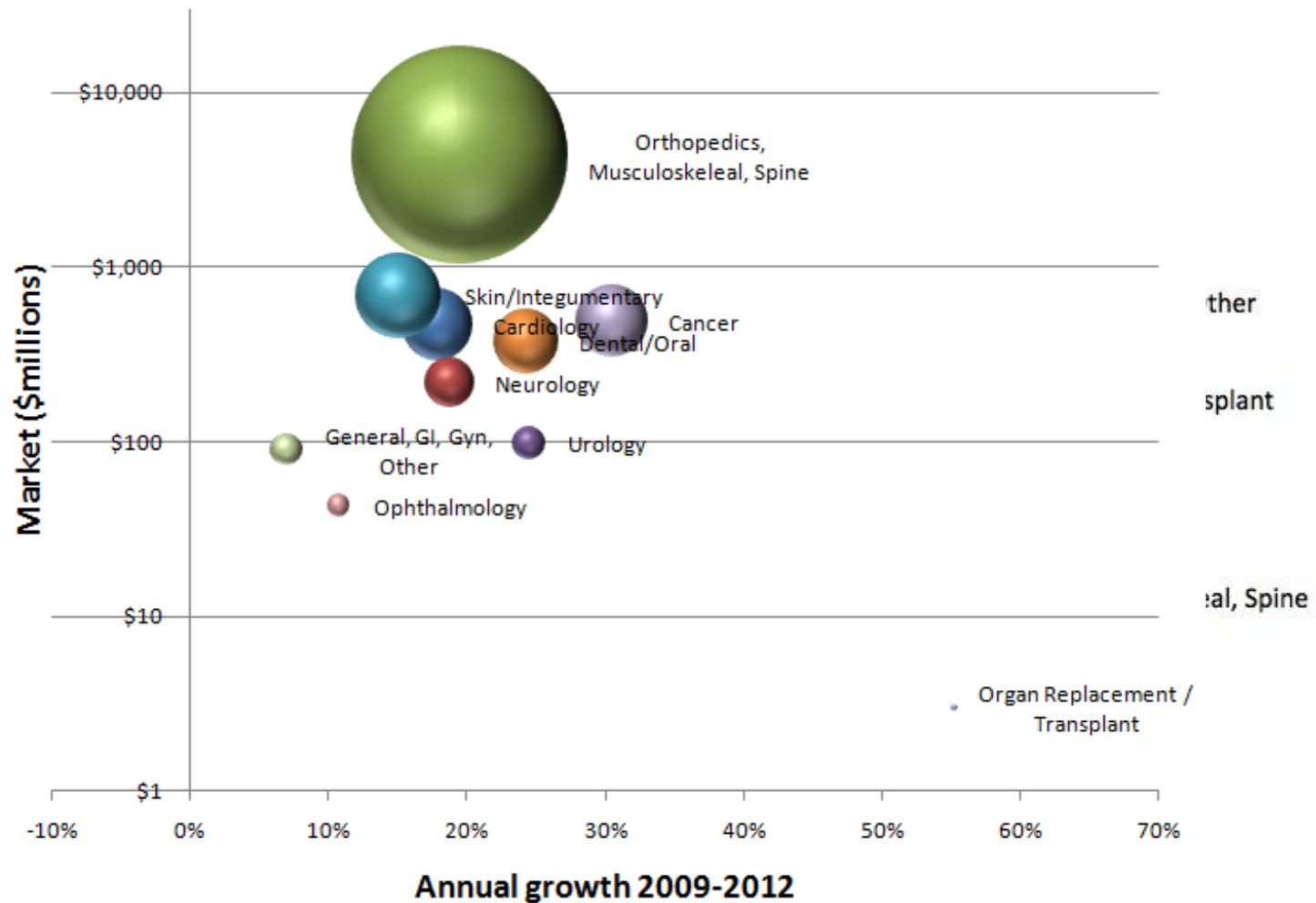
Środowisko biomimetyczne – odzwierciedlające naturalny skład niszy biologicznej.

PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA INŻYNIERII TKANKOWEJ

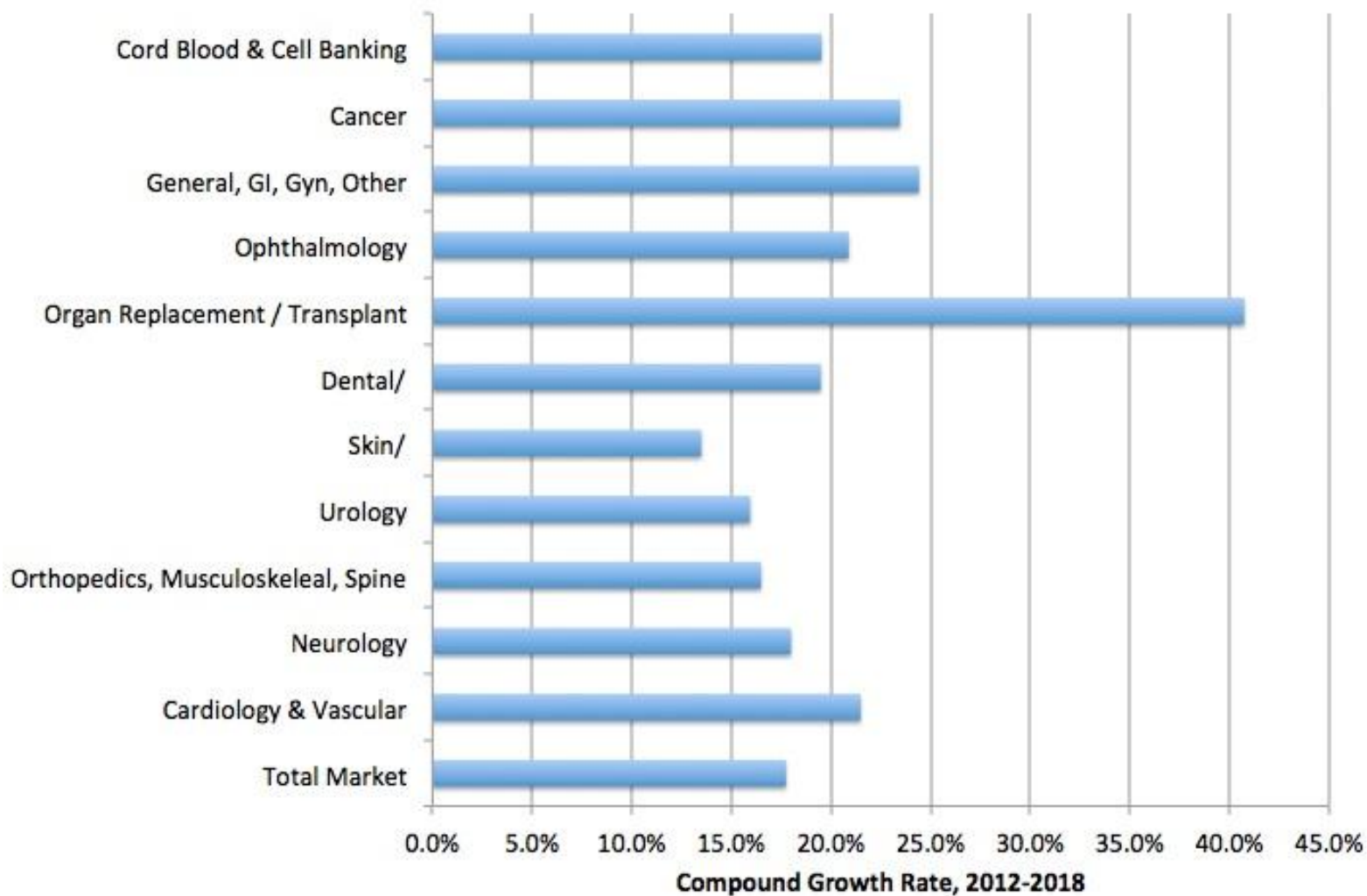


Rynek globalny nakładów finansowych na inżynierię tkankową i terapię komórkową

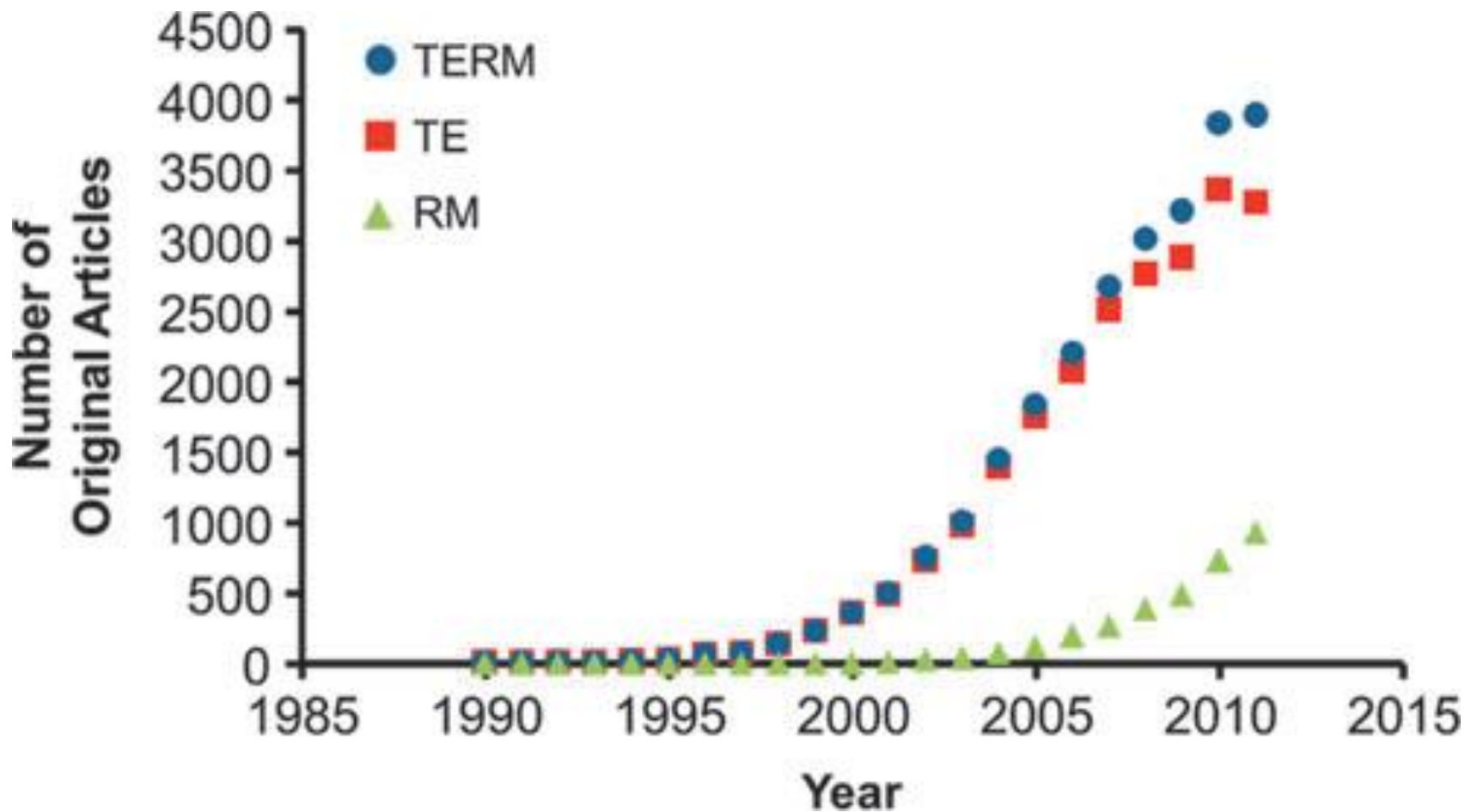
Cell Therapy and Tissue Engineering Market, by Segment Size & Growth



Tissue Engineering & Cell Therapy Global Market Growth Rates by Clinical Segment, 2012-2018



LICZBA PUBLIKACJI UKAZUJĄCYCH SIĘ NA ŚWIECIE W ZAKRESIE MEDYCyny REGENERACYJNEJ (RM) I INŻYNIERII TKANKOWEJ (TE)

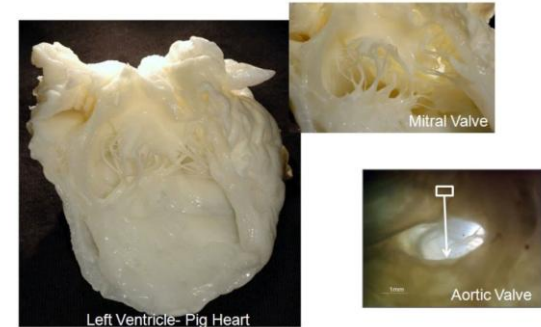


PRZEŁOMOWE OSIĄGNIĘCIA INŻYNIERII TKANKOWEJ OSTATNICH LAT PRODUKTY/ZASTOSOWANIE

Sztuczne organy

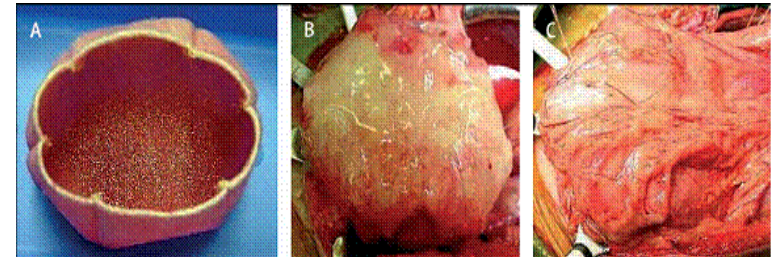
Serce – 2011, dr Doris Taylor, Uniwersytet w Minnesocie, Minneapolis USA. Naturalny szkielet kolagenowy dawcy, pozbawiony komórek przez decelularyzację drogą wprowadzenia detergentu do systemu naczyń. Po zasiedleniu komórkami macierzystymi pacjenta dalsza hodowla in vitro – projekt w fazie badań

Perfusion Decellularization Results in Exquisite Retention of Structure



<http://dx.doi.org/10.5772/53337>

Pęcherz moczowy – 2006, Anthony Atala i wsp. Wake Forest University. Na podstawie analizy CT przygotowano biodegradowalny szkielet zbudowany z kolagenu i PGA (ang. polyglycolic acid). Biomatryca została zasiedlona komórkami pobranymi z pęcherza pacjenta i namnażanymi w hodowli przez 7 tyg. Pozytywnie zakończona próba kliniczna – 5 osób w szpitalu dziecięcym w Bostonie.



www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS01

Tchawica – 2008 Paolo Macchiarini, MD, PhD w Instytucie Karolinska (Sztokholm, Szwecja), pierwszy przeszczep tchawicy oparty na rusztowaniu naturalnym (od dawcy) i mezenchymalnych komórkach macierzystych. **2011** - kolejne skuteczne przeszczepy tchawicy skonstruowanej z nanowłókien i zasiedlanych KM (**Prof. Alexander Seifalian**).



www.madgagged.com/2011/12/

PRZEŁOMOWE OSIĄGNIĘCIA INŻYNIERII TKANKOWEJ OSTATNICH LAT

PRODUKTY/ZASTOSOWANIE



www.edorbit.com/media/uploads/2009

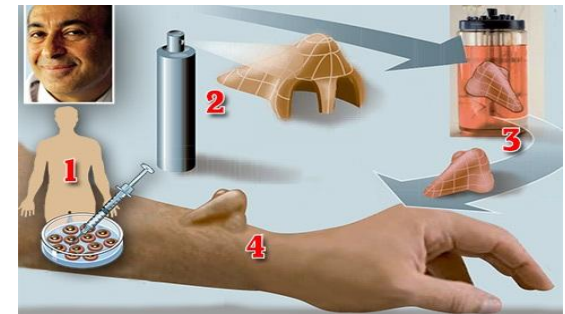


www.huffingtonpost.com/2012/09/27

1997 - dr. Charles Vacanti University of Massachusetts Medical Center, Worcester, USA – stworzono matrycę ucha z rusztowania poliestrowego na które naniesiono komórki chrzęstne i wszczepiono pod skórę myszy NOD/SCID

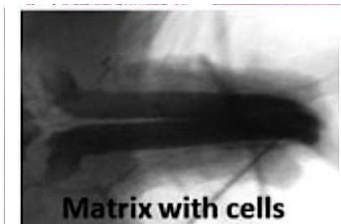
Ucho – 2013 prof. Lawrence Bonassar, Uniwersytet Cornell w Ithaca, sztuczne ucho otrzymano metodą CAD/CAM (ang. computer-assisted design/computer-assisted manufacturing) czyli skanowania kształtu, a następnie „biodrukowania” PGA/PLA (polyglycolic acid/ polylactic acid). Polimerowy odlew ucha jest następnie nastrzyknięty kolagenem z zawiesiną komórek produkujących chrząstkę i hodowany do przeszczepu na przedramieniu pacjenta.

Nos – 2013 Prof. Alexander Seifalian, University College w Londynie, Wydział Nanotechnologii i Medycyny Regeneracyjnej wyhodował tchawicę, nos, ucho oraz naczynia krwionośne metodą „bioprintingu 3D”, jako biokonstrukty gotowe do przeszczepów.



www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2266689/

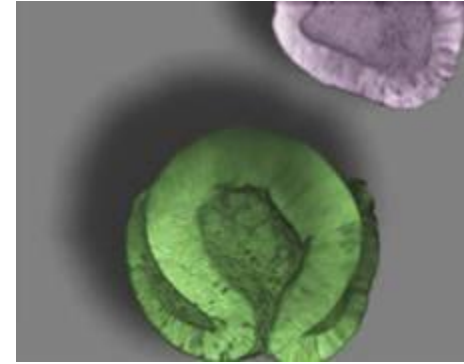
Prącie – 2009 Anthony Atala i wsp., Wake Forest University, odtworzył odcinki ciała jamistego prącia szczura w hodowli *in vitro*. Matrycę kolagenową zbudowaną z licznych kanałów, zasiedlono komórkami macierzystymi. Otrzymano funkcjonalny organ.



www.wired.com/wiredscience/2009/11/penis-engineering

PRZEŁOMOWE OSIĄGNIĘCIA INŻYNIERII TKANKOWEJ OSTATNICH LAT PRODUKTY/ZASTOSOWANIE

Siatkówka – 2011 – M. Eiraku and Y.Sasai w RIKEN Center w Japonii. Spontaniczna agregacja na bazie struktury hydrożelowej skomplikowanego układu komórek siatkówki. Obecnie prowadzone są badania nad detekcją światła przez sztuczną siatkówkę.



www.nature.com/news/2011



Komórki skóry w sprayu – 2010 Dr Fiona Wood, chirurg plastyczny z Royal Perth Hospital - komórki macierzyste skóry pobrane od pacjenta i namnożone w ciągu następnych 5 dni, a następnie „rozpylane” na rany oparzeniowe.

http://www.cnet.com.au/best-aussie-inventions-of-all-time_p25-339319899.htm#image24

Meduza – 2013 Prof. Kevin Kit Parker Harvard University, California Institute of Technology (Caltech). Otrzymano żyjącą meduzę ze szczurzych komórek mięśniowych, na matrycy z polimeru silikonowego. Meduza pływała i pobierała pokarm.



www.hngn.com/articles/730/20121126/scientists-create-tissue-engineered-jellyfish-next-level.htm

PRZEŁOMOWE OSIĄGNIĘCIA INŻYNIERII TKANKOWEJ OSTATNICH LAT

NOWE TECHNOLOGIE – KONTEKST BIOMIMETYCZNY

- 1. Polimeryzacja rusztowań hydrożelowych – istotna wielkość i geometria porów**
 - naturalnych
 - syntetycznych
- 2. Elektroprzędzenie nanowłókien – istotny przekrój nanowłókien**
 - naturalnych
 - syntetycznych
- 3. Zastosowanie technik fotolitografii (UV) do selektywnego usuwania części biomateriału, w celu stworzenia kanałów umożliwiającich unaczynienie rusztowania (Kaully et al. Tiss Eng Part B 2009).**
- 4. Separacja faz – proces termodynamiczny, w którym homogenny wieloskładnikowy system separuje do faz o zróżnicowanym poziomie energii. W przypadku roztworu polimeru separacja faz może zostać zaindukowana termicznie i polega na tworzeniu warstw bogatych w polimery i wolnych od polimerów (TIPS –termally induced phase separation) (Chen et al.. 2004, Liu et al., 2006). W określonych warunkach taką techniką otrzymuje się rusztowania o strukturze nanowłókien (Rusztowania NF).**
- 5. Modyfikacja powierzchni - chemiczna lub biologiczna (dołączanie grup bioaktywnych).**

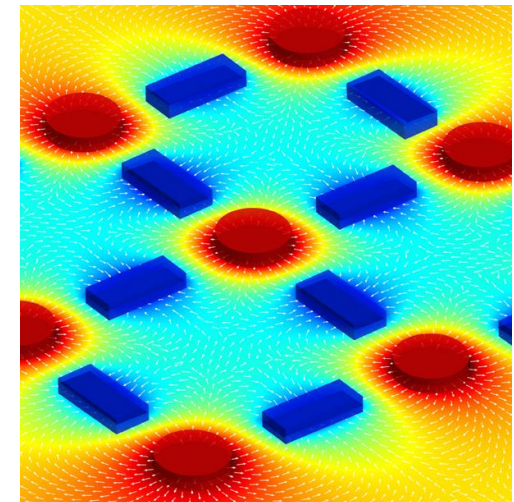
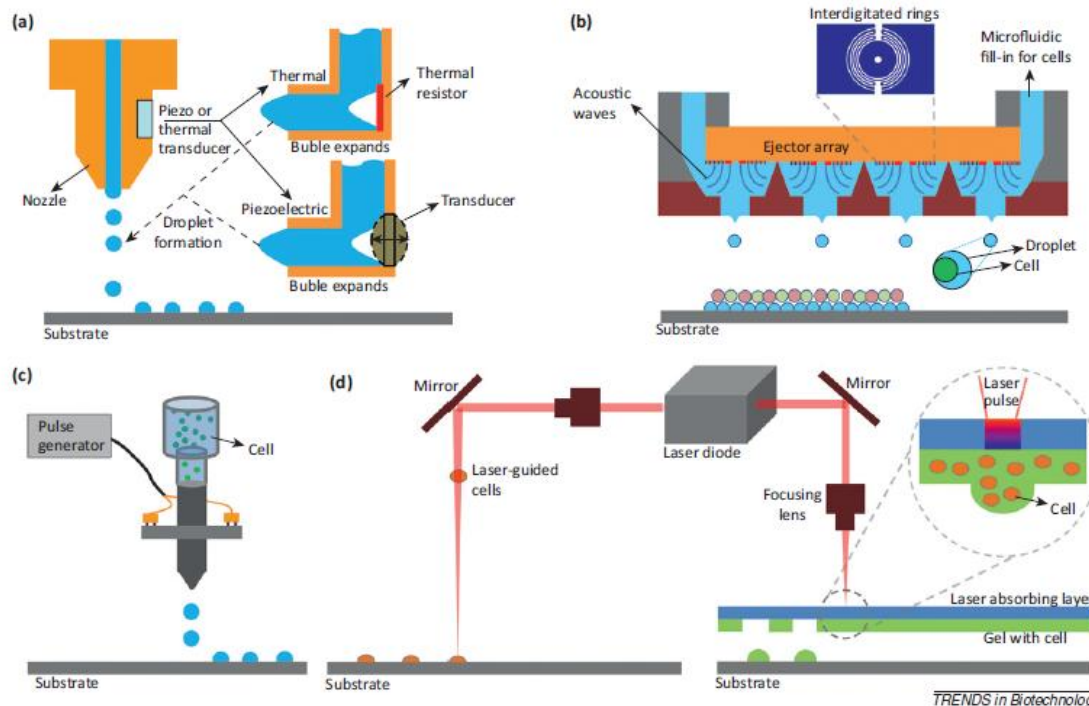
PRZEŁOMOWE OSIĄGNIĘCIA INŻYNIERII TKANKOWEJ OSTATNICH LAT

NOWE TECHNOLOGIE

Biodrukowanie tkanek i organów – definicja, Mironov et al. 2006

„Transfer materiału zapewniający precyzyjną organizację przestrzenną dla potrzeb pozycjonowania i montowania elementów biologicznych (molekuł, komórek, tkanek i biodegradowalnych biomateriałów) w celu osiągnięcia jednej lub więcej funkcji biologicznych”

Sterowane komputerowo nanoszenie warstwowe biologicznie istotnego materiału



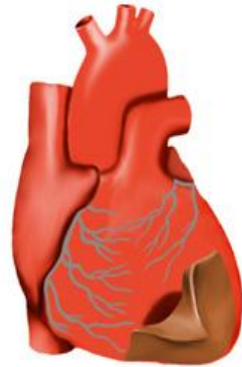
Rapid Template Tissue Engineering
– „Pozycjonowanie szablonowe”
oparte na systemie dokowania grup
komórek Gordana Vunjak-
Novakovic, Colombia University,
2013, Eng i wsp. PNAS 2013

Ewolucja technologii biodrukowania: a) „In-jet”, b) „Acoustic”, c) „Valve-based”,
d) „Laser –induced” oraz „Laser-guided”. Tasoglu i Demirci, Cell 2013

Platformy biomimetyczne – poziomy organizacji

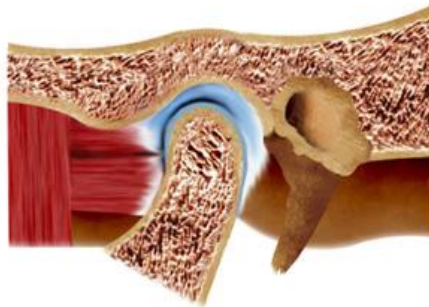
Stem cell biology

Developmental milieu
Regulatory factors

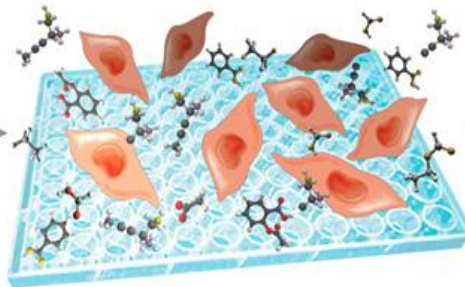


Regenerative medicine

Biological questions
Clinical data



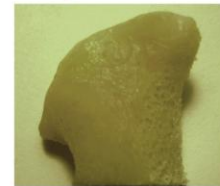
Models of development, disease



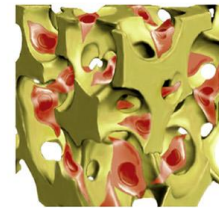
Screening of cells, drugs

Bioengineering

Tissue engineering systems
Functional imaging

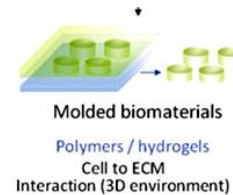


Bioengineered "niche"
Tissue/organ models

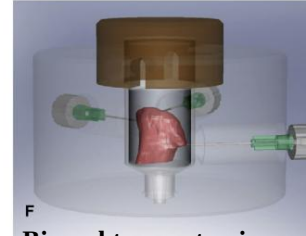
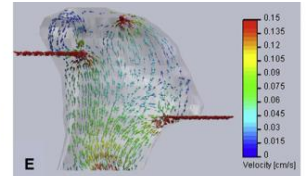


Scaffold
Structure, topology
Immobilized factors
Biomechanics

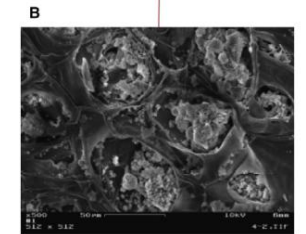
3D tissue platforms
High-throughput analytics



BIOREAKTORY

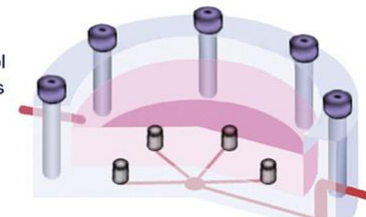


Bioreaktor anatomiczny



Bioreaktor tkankowy

Bioreaktor
Environmental control
Regulatory molecules
Physical forces
Imaging

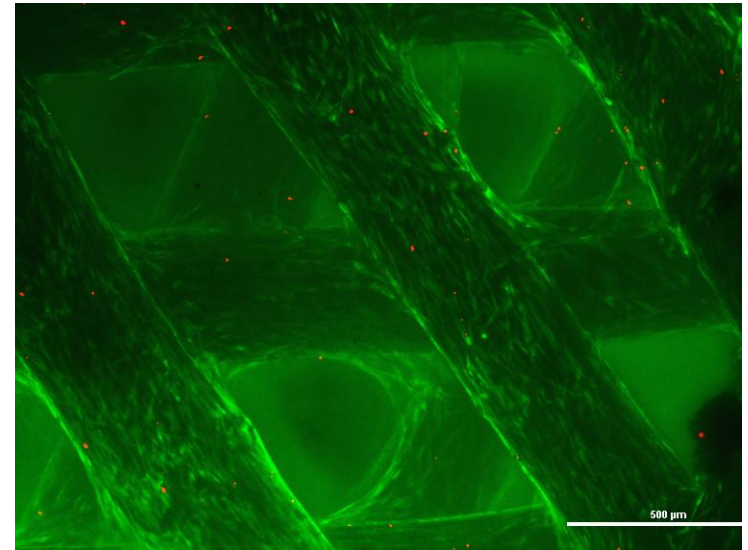


Bioreaktor komórkowy

Jednostki badawcze o profilu biomedycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

**Warszawski Uniwersytet Medyczny, Katedra i Zakład Histologii i Embriologii,
Centrum Biostruktury, Laboratorium Inżynierii Tkankowej,
prof. dr hab. Małgorzata Lewandowska-Szumieł <http://www.telab.wum.edu.pl/>**

- a) ocena biokompatybilności materiałów w kontakcie z komórkami w warunkach in vitro, jak również wytworzenie produktów inżynierii tkankowej i ich ocena przedkliniczna. Celem prowadzonych badań jest otrzymanie substytutów tkanek o potencjalnym zastosowaniu w chirurgii rekonstrukcyjnej;
- b) ocena potencjału oraz wpływu czynników różnicujących na komórki mezenchymalne pochodzące z tkanek ludzkich, m.in. z tkanki tłuszczowej;
- c) odpowiedź komórek mezenchymalnych na właściwości mechaniczne podłoża: badany jest wpływ sztywności podłoża na różnicowanie komórek w kierunku komórek osteogennych;
- d) współhodowla różnych typów komórek, np. śródbłonkowych z komórkami pochodzącymi z tkanki tłuszczowej lub kostnej.



komórki mezenchymalne osadzone w polimerowym rusztowaniu otrzymanym metodą 3D printingu

Obecnie realizowane projekty:

1. „Bioimplanty dla potrzeb leczenia ubytków tkanki kostnej u chorych onkologicznych” -

<http://www.bio-implant.pl/> - projekt koordynowany przez Politechnikę Warszawską

2. „Nowe, wielofunkcyjne substytuty kostne, o wysokiej poręczności chirurgicznej” -

<http://www.ceramika.agh.edu.pl/projekt/> - projekt koordynowany przez AGH

3. „Opracowanie innowacyjnej metody regeneracji ubytków kostnych za pomocą biowitalnych, resorbowalnych wszczepów zasiedlonych komórkami pochodzenia autogenego - do zastosowania w chirurgii stomatologicznej” - <http://www.ncbir.pl/> - projekt koordynowany przez

Warszawski Uniwersytet Medyczny

Jednostki badawcze o profilu biomedycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

Uniwersytet Jagielloński, Zakład Biologii Komórki Wydziału Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii, Pracownia Inżynierii Komórkowej i Tkankowej finansowana z projektu na modernizację WBBiB „Biotechnologia Molekularna dla Zdrowia” (BMZ) [POIG.02.01.00-12-064/08] Kierownik Zakładu prof. dr hab. Zbigniew MADEJA, kierownik Pracowni Inżynierii Komórkowej i Tkankowej – dr hab. Justyna Drukała, <http://biotka.mol.uj.edu.pl/zbk/>

- a) Badania o charakterze aplikacyjnym: hodowla komórek skóry ludzkiej, które wykorzystywane są w leczeniu oparzeń oraz trudno gojących się ran – badania pionierskie w Polsce prowadzone przez Zespół już od 12 lat. Metoda opiera się na aplikacji własnych komórek pacjenta w formie zawiesiny w kleju fibrynowym.
- b) Wyprowadzono 75 hodowli autologicznych komórek naskórka ludzkiego przeszczepianych następnie na rany oparzeniowe lub rany troficzne pacjentów leczonych we współpracy z ośrodkami klinicznymi
- c) projekty badawcze o charakterze podstawowym, dotyczące mechanizmów gojenia ran i udziału komórek macierzystych w tym procesie



Jednostki badawcze o profilu biomedycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

Collegium Medicum Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Bydgoszczy. Zakład Inżynierii Tkankowej prof. dr hab. n. med. Tomasz Drewa,

<http://www.tissue-engineering.org.pl/>

- a) Zastosowanie nowych technik inżynierii tkankowej i medycyny regeneracyjnej w urologii rekonstrukcyjnej Pionierskie badania w Polsce (2005 rok) dotyczące rekonstrukcji pęcherza moczowego i wstawek do odprowadzenia moczu u szczura oraz powłok brzucha u myszy Zastosowano biodegradowalne rusztowania PGA z fibroblastami;
- b) rekonstrukcja pęcherza moczowego szczura z wykorzystaniem KM (mezenchymalnych KM szpiku kostnego, KM tkanki tłuszczowej, mieszków włosowych) oraz biomateriałów (bezkomórkowej matrycy z pęcherza moczowego, bezkomórkowej matrycy z podśluzówki jelita cienkiego, błony owodniowej, poli-laktydo-ko kaprolaktonu etc);
- c) optymalizacja metod izolacji i charakterystyki ludzkich KM głównie ze źródeł płodowych (płyn owodniowy, łożysko);
- d) charakterystyka porównawcza KM izolowanych z tkanki tłuszczowej pobranej trzema różnymi metodami: zabiegi chirurgiczne, liposukcja mechaniczna i liposukcja laserowa.



Rekonstrukcja moczowodu z zastosowaniem rusztowania SIS (small intestinal submucosa)

Drewa T, Transplantation Proceedings, 39, 2007

Realizowane projekty NCN

1. Badanie nowych bezpieczniejszych metod sieciowania materiałów białkowych dla inżynierii tkankowej
2. Modele komórkowe *in vitro* do badań sekrecji białek terapeutycznych w jajowodzie ptaków
3. Nowe nośniki leków w celowanej terapii przeciwnowotworowej
4. Procesy gojenia i regeneracji pęcherza moczowego

Jednostki badawcze o profilu biomedycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

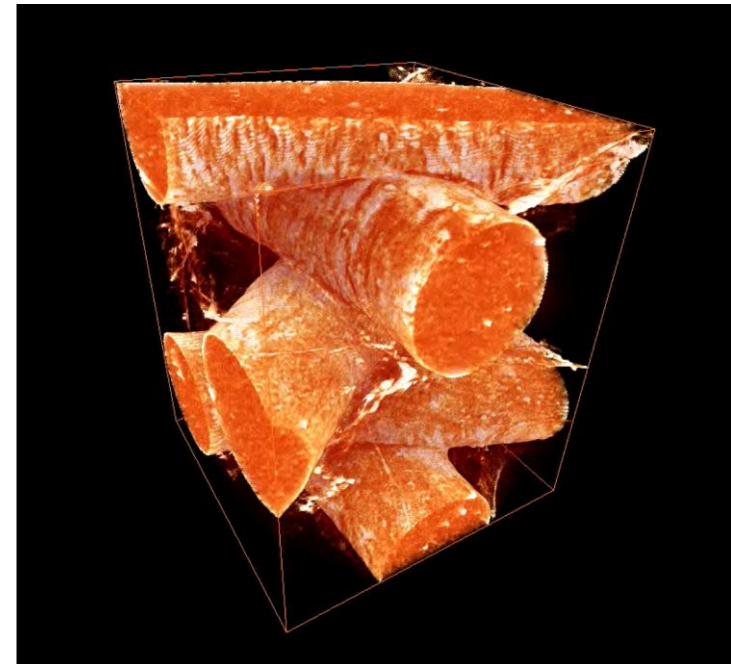
Centrum Onkologii-Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Warszawa
Zakład Onkologii Molekularnej i Translacyjnej, Pracownia Inżynierii
Komórkowej (do 2012 r. Zakład Hematologii Doświadczalnej). Kierownik
prof. dr hab. med. Zygmunt Pojda <http://www.coi.pl/index.php/struktura/zakady-badan-podstawowych/56-zakad-hematologii-dowiadczalnej>

Badania podstawowe:

- charakterystyka mechanizmów różnicowania komórek macierzystych sznura pępowinowego (UCSC)
- badanie subpopulacji komórek ukierunkowanych i macierzystych tkanki tłuszczowej (ADSC, EPC)
- wpływ komórek macierzystych na regenerację mięśni szkieletowych (współpraca z prof. M. A. Ciemerych-Litwinienko, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski)

Medycyna translacyjna i badania kliniczne:

- konstrukcja bioimplantów kości zasiedlanych komórkami macierzystymi (projekt "Bioimplanty dla potrzeb leczenia ubytków tkanki kostnej u chorych onkologicznych (BIOIMPLANT)", POIG 01.01.02-00-022/09-00)
- wykorzystanie mezenchymalnych komórek macierzystych w rekonstrukcji piersi u pacjentek onkologicznych (współpraca z Kliniką Nowotworów Piersi i Medycyny Rekonstrukcyjnej Centrum Onkologii)
- wykorzystanie komórek macierzystych tkanki tłuszczowej (ADSC) w leczeniu uszkodzeń stawów (współpraca z Carolina Medical Center, Warszawa)



Zasiedlanie rusztowania polikaprolaktonowego mezenchymalnymi komórkami macierzystymi

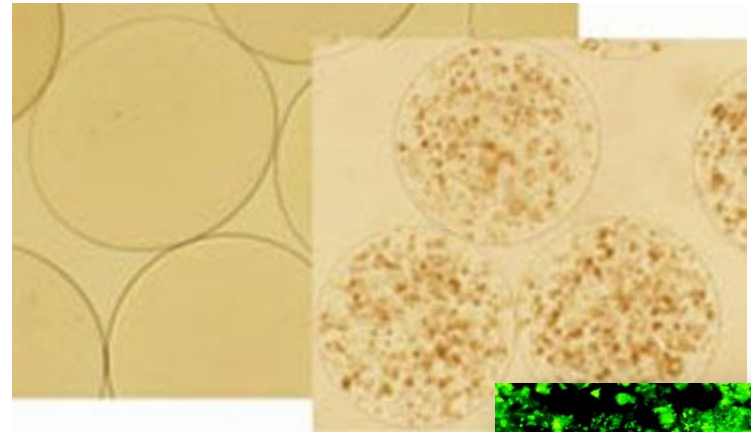
Jednostki badawcze o profilu biomedycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

**Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza
Polskiej Akademii Nauk, Zakład Mikrobiosystemów Hybrydowych i
Analitycznych, dr hab. Dorota Pijanowska, prof. PAN,
Pracownia Inżynierii Tkankowej, dr Krzysztof Pluta**

<http://www.ibib.waw.pl/popup.php?act=show&kat=86&id=185>

Mikroenkapsulacja hepatocytów w kulkach alginianowych

1. **Biosztuczna wątroba: zastosowanie rusztowań 3D do kokultury hepatocytów i fibroblastów, Celem badań jest określenie użyteczności nanowłókien w inżynierii tkankowej komórek wątroby**
2. **Mikroenkapsulacja hepatocytów, stosowane są kulki alginianowe produkowane metodą "air-extrusion".**

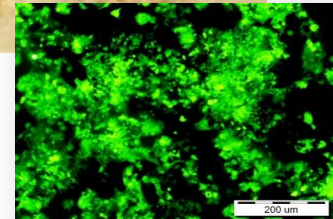


Realizowane projekty (fundusze europejskie)

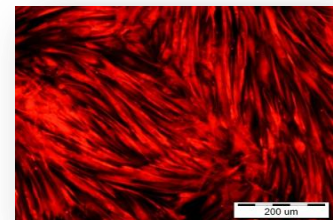
MIKRO- I NANO-SYSTEMY W CHEMII I DIAGNOSTYCE BIOMEDYCZNEJ (MNS-DIAG):

Bio- mikro- reaktory do hodowli komórkowych (μ BioRK)

- a) **model bioreaktora membranowego do hodowli hepatocytów;**
- b) **warstwy diamentopodobne (DLC) jako podłoża do hodowli komórek;**
- c) **fluorescencyjne linie komórkowe do zastosowania w reaktorze mikroprzepływowym; do produkcji linii komórkowych, stabilnie świecących w świetle UV na zielono lub na czerwono, użyto wektory lentiwirusowe (LV) własnej produkcji, kodujące fluorescencyjne białka EGFP lub DsRed2**



HEPA-EGFP

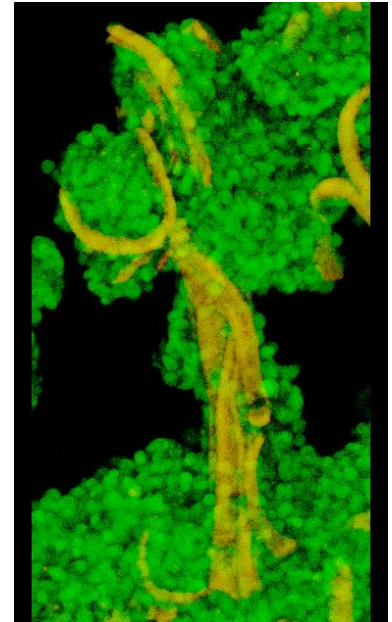


FIBROBLASTY-DsRED

Jednostki badawcze o profilu biomedycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. M. Mossakowskiego PAN, Zakład Neurobiologii Naprawczej, kierownik do 2010 prof. dr hab. med. Krystyna Domańska-Janik, obecnie prof. dr hab. Barbara Łukomska <http://www.imdik.pan.pl/pl/dzialalnosc-naukowa/zaklady-badawcze/63-zaklad-neurobiologii-naprawczej>. Pracownia Bioinżynierii Komórek Macierzystych, dr hab. Leonora Bużańska, prof. PAN

- a) Wpływ rodzaju i kształtu rusztowań żelatynowych i dekstranowych 3D na różnicowanie KM z krwi pępowinowej i komórek Wj-MSC
- b) Tx biostruktur 3D (szkielety + MSC) do mózgu szczurów zdrowych i po niedokrwieniu - ochrona przeszczepianych komórek
- c) Tx naturalnych rusztowań zasiedlonych MSC - fragmenty Galarety Whartona (WJ-MC) sznura pępowinowego
- d) Hodowla NKM z krwi pępowinowej na rusztowaniach keratynowych – różnicowanie funkcjonalne do komórek neuronalnych (wsp. prof. A.Lipkowski)
- e) Badania w kierunku uzyskania warunków biomimetycznych *in vitro* dla skutecznego reprogramowania KM z krwi pępowinowej do iPS a następnie ich różnicowania w kierunku neuralnym
- f) Konstrukcja platform do wzrostu i różnicowania komórek z wzorem powierzchni bioaktywnej o różnym kształcie i składzie biomateriałowym domen. Pozycjonowanie pojedynczych KM lub ich grup do domen bioaktywnych
- g) Badanie oddziaływania neuralnych KM z powierzchnią w domenach bioaktywnych oraz wpływu ich składu i geometrii na procesy rozwojowe KM: proliferację, migrację oraz różnicowanie w kierunku neuronalnym lub glejowym.



Neuralne komórki macierzyste z krwi pępowinowej na rusztowaniu keratynowym
Fot. A. Sarnowska

Projekty z zakresu inżynierii tkankowej i bioinżynierii komórek macierzystych

1. „Human Umbilical cord blood stem cell-based tissue engineering – novel therapeutic tools for restoration of damaged neural tissue” - grant Fundacji Jerome Lejeune, France – kierownik, prof. Domańska-Janik
2. Ocena ludzkich komórek somatycznych pochodzących z Galarety Whartona, przeszczepianych w postaci trójwymiarowych agregatów do tkanki nerwowej mózgu szczura...” – kierownik, dr A. Sarnowska
3. Domózgowe implanty galarety Whartona jako mało immunogenne źródło mezenchymalnych komórek macierzystych w eksperymentalnym uszkodzeniu mózgu u szczurów” – kierownik, dr A. Sarnowska
4. „Kontrola decyzji rozwojowych neuralnych komórek macierzystych pochodzących z krwi pępowinowej przez powierzchnie biofunkcjonalne” – kierownik, dr hab. L. Bużańska

Jednostki badawcze w Polsce o profilu inżynieryjno-medycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

- 1. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Laboratorium Inżynierii Biomedycznej. Profesor Tomasz Ciach. :**
 - a) Wstrzykiwalne systemy polimerowe w sterowanej regeneracji kości;
 - b) Elektroprzewodzenie, nanowłókna, c) Rusztowania kostne
- 2. Politechnika Warszawska, Wydział inżynierii Materiałowej, Zakład Projektowania Materiałów, dr hab. inż. Wojciech Świączkowski**
 - a) Rusztowania polimerowe otrzymywane metodą 3D drukowania;
 - b) Projekt Bio-Implant
- 3. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki; Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej; Katedra Chemii i Technologii Polimerów, dr inż. Bożena Tylicz**
 - a) Otrzymywanie innowacyjnych hydrożeli biomedycznych na drodze fotosieciowania
 - b) Nowe polimerowe dyspergatory nano- i mikrocząstek ceramicznych oraz metalicznych
- 4. Politechnika Wrocławska, Zakład Inżynierii Biomedycznej i Mechaniki Eksperymentalnej. Prof. dr hab. inż. Romuald Będziński.**
 - a) Nowe materiały i technologie w inżynierii biomedycznej, w tym dla wytwarzania implantów zindywidualizowanych;
 - b) Opracowanie nowej generacji biodegradowalnych stentów;
 - c) "Biomechatroniczna Proteza Ręki"
- 5. Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Zakład Mechaniki i Fizyki Płynów, prof. dr hab. Tomasz Kowalewski, dr Tomasz Kowalczyk**
 - a) Zastosowanie elektroprzewodzących nanowłókien jako opatrunków aktywnych w zapobieganiu pourazowym zmianom w tkance mózgowej

Jednostki badawcze w Polsce o profilu inżynieryjno-medycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

- 6. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zakład Biomateriałów i Technologii Mikrobiologicznych: dr hab. inż. Mirosława El Fray, prof. ndz.**
 - a) rozwijanie nowych nanomateriałów, jako podłoża do różnicowania KM w miokardiocyty
 - b) wytwarzanie biozgodnych elastomerowych biomateriałów polimerowych w ramach projektu „Polskie Sztuczne Serce”
- 7. Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN, Zakład Neuropeptydów, prof. dr hab. Andrzej Lipkowski**
 - a) Nowe mikrostrukturalne preparaty białkowe z zaadsorbowanymi substancjami biologicznie czynnymi oraz ich zastosowanie w medycynie i kosmetyce
 - b) Sposób otrzymywania nowych szkieletowych preparatów białkowych do zastosowania w medycynie jako do hodowli KM
- 8. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie; Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki; Katedra Biomateriałów, prof. dr hab. inż. Jan Chłopek.**
 - a) Polimerowe materiały biodegradowalne na implanty naczyniowe
 - b) Wielofunkcyjne kompozyty polimerowe o działaniu antybakteryjnym
 - c) Biomimetyczne rusztowania hydroksyapatytowe do leczenia i substytucji kości
- 9. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie; Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki; Katedra Biomateriałów, dr hab. inż. Elżbieta Pamuła,**
 - a) Biomateriały dla inżynierii tkankowej
 - b) Kształtowanie struktury i właściwości biologicznych poliestrów alifatycznych

Jednostki badawcze w Polsce o profilu inżynieryjno-medycznym realizujące projekty inżynierii tkankowej

10. Politechnika Śląska, Centrum Inżynierii Biomedycznej, prof. dr hab. inż. Jan Józef Marciniak

- a) Optymalizacja kształtu, własności fizykochemicznych i użytkowych implantów dla chirurgii rekonstrukcyjnej i zabiegowej.
- b) Badania fizykochemiczne biomateriałów, materiałów i wyrobów medycznych

11. Politechnika Łódzka, Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów, Laboratorium Kolagenu i Materiałów Biomimetycznych, dr hab. Krystyna Pietrucha

- a) Badania i synteza bio-kompatybilnych 3D rusztowań ze zmodyfikowanego kolagenu o różnym stopniu orientacji fibryl, różnej mikrogeometrii porów
- b) Nowa generacja rusztowań ze zmodyfikowanego nano i mikrofibryllarnego kolagenu zasiedlonego KM w aspekcie naprawy CUN

12. Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Materiałowej, Zakład Biofizyki, prof. dr hab. Bogdan Walkowiak

- a) Biotolerancja powierzchni biomateriałów badania molekul. -transkryptomika i proteomika
- b) Projektowanie i wykonanie zindywidualizowanych implantów techniką „Rapid Prototyping”

13. Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN, Kraków, prof. dr hab. inż. Bogusław Major

- a) Nowe materiały i technologie dla inżynierii biomedycznej
- b) Nanostrukturalne materiały dla biomedycznych systemów układu krążenia
- c) Opracowanie technologii inżynierii materiałowej, inżynierii powierzchni i bioinżynierii dla potrzeb protez serca, w ramach projektu „Polskie Sztuczne Serce”

Konsorcja:

1. **Polski Projekt Narodowy:** "Nowe materiały i technologie dla inżynierii biomedycznej", 2002-2005, koordynator: Profesor Jan Chłopek (<http://www.biomat.krakow.pl/english/project.html>)
2. **Projekt „Sercowe Komórki Macierzyste i Progenitorowe - Nowa Metoda Regeneracji Uszkodzonego Serca”** (<http://www.poig.opi.org.pl/Sercowe-komorki-macierzyste-i-progenitorowe-nowa-metoda-regeneracji-uszkodzonego-serca.html>) współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, realizacja lata 2010-2014. Partnerzy: a) Śląskie Centrum Chorób Serca w Zabrzu, b) Instytut Onkologii Gliwicach oraz c) Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrzu
3. **Projekt BIO-IMPLANT** (<http://www.bio-implant.pl/>). Koordynator całego projektu **dr hab. inż. Wojciech Świąszkowski**. Otrzymywani bioimplantów dla potrzeb leczenia ubytków tkanki kostnej u chorych onkologicznych. Współfinansowany w ramach POIG, realizacja lata 2010 - 2013 Współpracują w nim zespoły mające doświadczenie oraz odpowiednią bazę badawczą w zakresie medycyny, biologii, inżynierii materiałowej, technik wytwarzania CAD/CAM oraz informatyki. Partnerzy: a) Politechnika Warszawska Wydział Inżynierii Materiałowej (WIM PW), b) Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie (COI), c) Politechnika Wrocławska (PW), d) Warszawski Uniwersytet Medyczny (WUM) Katedra i Zakład Histologii i Embriologii, Centrum Biostruktury.
4. **Projekt „Nowe, wielofunkcyjne substytuty kostne, o wysokiej poręczności chirurgicznej”** (<http://www.ceramika.agh.edu.pl/projekt/>) współfinansowany w ramach POIG, realizacja lata: 2010-2013. Koordynator: AGH w Krakowie. Partnerzy: Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Konsorcja cd.:

5. Projekt "Polskie Sztuczne Serce,, (<http://pwpss.pl/>) 2007-2011. Koordynator: Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii im. prof. Zbigniewa Religi w Zabrze. Jednostki badawcze zaangażowane w wykonanie projektu:

- a) Zakład Inżynierii Powierzchni Politechniki Warszawskiej: "Opracowanie technologii kształtowania właściwości stopów tytanu i stali wysokostopowych w aspekcie zastosowań w konstrukcjach protez serca,, pod kierunkiem prof. Tadeusza Wierzchonia,
- b) Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie: "Opracowanie technologii inżynierii materiałowej, inżynierii powierzchni i bioinżynierii dla potrzeb protez serca,, pod kierunkiem prof. Bogusława Majora. Współwykonawcy:

- Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej - **dr inż. Tomasz Ciach**
- Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrze - **doc. dr hab. inż. Marek Kowalczyk**
- Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie - **prof. Marek Sanak**
- Instytut Protez Serca Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrze - **mgr inż. Roman Kustosz**
- Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej - **prof. Stanisław Mitura**
- Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Procesowej AGH w Krakowie - **prof. Jan Kusiński**
- Instytut Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie - **dr inż. Waldemar Mróz**
- Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie - **prof. Elżbieta Czarnowska**
- Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych w Łodzi - **dr inż. Antoni Niekraszewicz**
- Instytut Odlewnictwa w Krakowie - **prof. Jerzy Sobczak**

- c) Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Zakładu Biomateriałów i Technologii Mikrobiologicznych w Instytucie Polimerów. "Elastomerowe biomateriały polimerowe o polepszonej odporności zmęczeniowej dla potrzeb protez serca" prof. Mirosława El Fray

- d) Zakład Biofizyki Instytutu Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej: "Biologiczna ocena nowych biomateriałów opracowanych dla potrzeb konstrukcji i wytwarzania sztucznego serca,, pod kierunkiem prof. Bogdana Walkowiaka

- e) Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk "Metody jonowe w formowaniu biozgodnych wielowarstwowych powłok dla potrzeb protez serca" dr Bogusław Rajchel.



“You’re a selfish bastard, Lewis...! Those stem cell lines were meant for people who’ve LOST an organ!”