UMCS

WYDZIAŁ CHEMII

Kiedy człowiek się psuje?- czyli biomateriały w służbie ludzkości.

dr hab. Skwarek Ewa prof. UMCS

ewunias@hektor.umcs.lublin.pl

(Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej)

www.umcs.lublin.pl

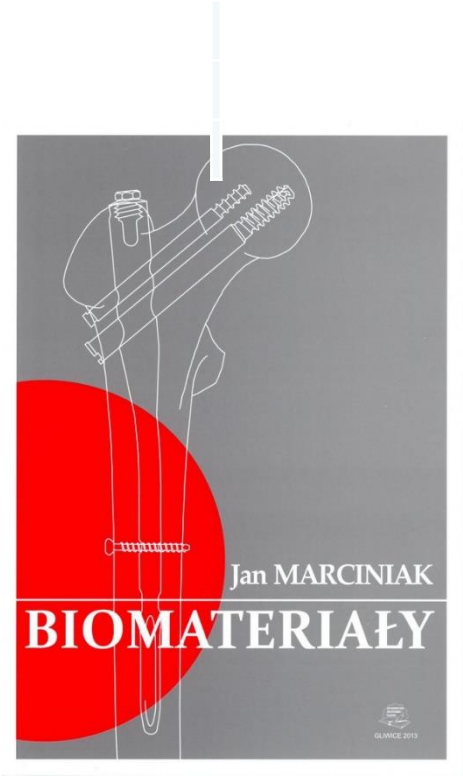
UMCS

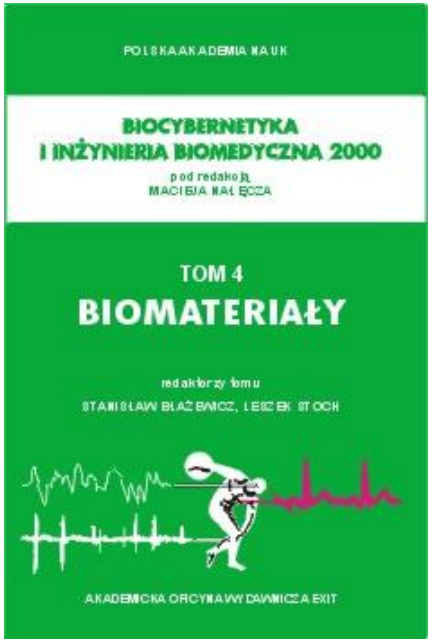
WYDZIAŁ CHEMII

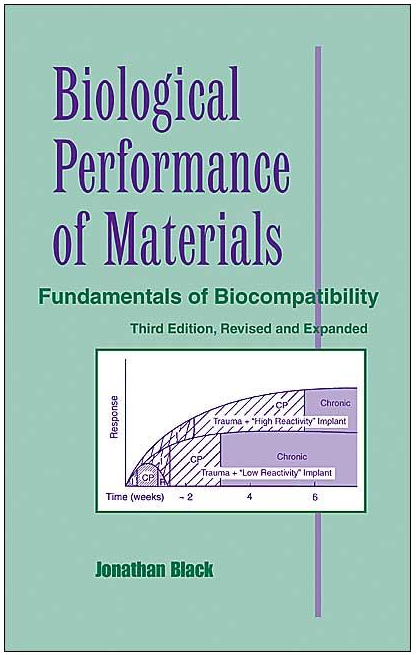
„Prace badawcze są naprawdę jak wędrówka we mgle. Nie wiesz, dokąd idziesz. Szukasz po omacku. Potem ludzie dowiadują się o wszystkim i już po fakcie wydaje im się, że było to bardzo proste”.

Francis Crick, biolog

LITERATURA







CZASOPISMA NAUKOWE:

ADVANCED MATERIALS, BIOMATERIALS, BIOMATERIALS SCIENCE, 2D MATERIALS, 3D PRINTING AND ADDITIVE MANUFACTURING

CHOROBA

Jedno z podstawowych pojęć medycznych; ogólne określenie każdego odstępstwa od pełni zdrowia organizmu. Zdefiniowanie stanu chorobowego jest tak samo trudne, jak sprecyzowanie stanu pełni zdrowia.

Choroba jest takim stanem organizmu, kiedy to czuje się on źle, a owego złego samopoczucia nie można jednak powiązać z krótkotrwałym, przejściowym uwarunkowaniem psychologicznym lub bytowym, lecz z dolegliwościami wywołanymi przez zmiany strukturalne lub zmienioną czynność organizmu. Przez dolegliwości rozumiemy przy tym doznania, które są przejawem nieprawidłowych zmian struktury organizmu lub zaburzeń regulacji funkcji narządów

Michael Ancher, *Chora dziewczyna*, 1882

CZYNNIKI CHOROBOTWÓRCZE WEDŁUG ŚMIERTELNOŚCI W 2016 ROKU W MILIONACH

- czynniki środowiskowe i czynniki w miejscu pracy – 9,3
- skażona woda i brak higieny osobistej – 2,2
- zatrute powietrze – 6,1
- ekspozycja na radon i ołów – 0,5
- czynniki w miejscu pracy – 1,4
- czynniki behawioralne – 22,3
  - niedożywienie dzieci i matek – 4,3
  - dym papierosowy – 6,9
  - alkohol i narkotyki – 3
  - niezdrowa dieta – 9,3
  - molestowanie i przemoc seksualna – 0,1
  - niebezpieczny seks – 1,8
  - zbyt niska aktywność fizyczna – 1,2
- czynniki metaboliczne – 14,8

W porównaniu z 2006 rokiem liczba śmierci z powyższych przyczyn wzrosła o 2,9%. Największy procentowy wzrost liczby śmierci zanotowano w kategorii „zbyt niska aktywność fizyczna” (o 18%), a największy spadek w kategorii „molestowanie i przemoc seksualna” (spadek o 51%).

HISTORIA

- Powszechnie uważa się, że zastępowanie tkanek i organów człowieka innymi materiałami (biomateriałami) to bardzo młoda dziedzina wiedzy. Czy to prawda?
- Prawdą jest, że systematyczne i celowe badania nad biomateriałami to ostatnie 100 lat.
- Prawdą jest również, że od tysięcy lat człowiek podejmował próby (niejednokrotnie udane) zastępowania brakujących lub uszkodzonych części ciała innymi materiałami.

PIERWSZE SZWY CHIRURGICZNE 3000 p.n.e. ?

- Istnieją dowody, że szwy stosowano już 3200 lat temu.
- Papirus pochodzący z siedemnastego wieku p.n.e. "Edwin Smith Papyrus"2, który prawdopodobnie jest kopią starożytnego podręcznika medycznego (3000-2500 p.n.e.) opisuje metodę zszywania brzegów rany
- Pierwsze doniesienia o szwach chirurgicznych sięgają 3000 r. P.n.e. ze starożytnego Egiptu.
- Nici wykonywano z materiałów roślinnych (len, konopia, bawełna) oraz zwierzęcych, takich jak włosy, ścięgna czy tętnice. W II w n.e. rzymski lekarz Galen opisał nici zrobione ze zwierzęczych jelit. Istnieją one do dziś pod nazwą Catgut (ang. Cattle – bydło, Gut – Jelito). Są wykonywane z jelit owiec lub kóz. Dopiero w latach 1860-80 Ojciec Antyseptyki, Joseph Lister pracował nad nićmi jedwabymi a następnie typu Catgut zanurzanymi w wodnym roztworze fenolu, co pozwoliło na uniknięcie tak częstego wówczas ropienia szwów.

PIERWSZY "IMPLANT" 7000 p.n.e.?

Etruskie sztuczne zęby

- Człowiek z Kennewick, odkryty w 1996 roku nad rzeką Kennewick w USA pochodzący z 7000 roku p.n.e., to najstarszy znany przykład pełnej integracji biomateriału z tkanką kostną (ostrze oszczepu utkwiło w kości udowej, rzecz jasna, nie w celu poprawienia właściwości kości).
- W Rzymie odnaleziono dobrze zintegrowany z kością ząb żelazny (100 n.e.).
- Majowie stosowali implanty zębów wykonane z perły. Również następowa pełna integracja z kością (600 n.e.).

OKRES WSPÓŁCZESNY

- Z praktycznego punktu widzenia z dobrodziejstw biomateriałów można było skorzystać dopiero odkryciu przez Listera w 1860 r. zasad aseptyki i antyseptyki stosowanych w zabiegach chirurgicznych.

- Pierwszym w historii zastosowanym implantem były płytki umożliwiające zespolenie złamań kości wprowadzone w 1900r.

- Ważnym odkryciem w latach 1939-1945 był fakt, że ranni w trakcie II wojny światowej piloci bardzo dobrze tolerowali odłamki plastiku – polimetakrylanu metylu.

- Po 1946 r. zaczęto wykorzystywać na szerszą skalę materiały wykonane z plastyku – soczewki i cementy kostne. **Przełomem stało się zastosowanie w 1950 roku pierwszych sztucznych zastawek serca.**

Nowsza historia

Theodore Gluck
Implant kości udowej
(kość słoniowa)

Branemark
Pierwszy implant
tytanowy

Charnley
Implant stawu
biodrowego

Vacanti
Ucho
myszy

Implant
pęcherza

1891 1952 1961 1998 2006

1949 1960 1975

Sir Harold Ridley
Implant soczewki
z PMMA

Starr-Edwards
Zastawka serca

Rheinwald et al.
Sztuczna skóra

BIOMATERIAŁY

- Liczne organizmy żywe – rośliny, zwierzęta i ludzie – wytwarzają swoje biomineralne szkielety kostne, będące ceramicznymi kompozytami zbudowanymi w warunkach naturalnych.
- Do ich budowy wykorzystywane są materiały dostępne w najbliższym otoczeniu.
- Przykładem może być muszla perłowa małży, skorupki jaj ptasich, czy też nasze kości i zęby.
- Biominerały składają się z elastycznej matrycy organicznej, głównie z włóknistych protein i/lub polisacharydów, wewnątrz których indukowany jest wzrost fazy mineralnej.

BIOMATERIAŁY

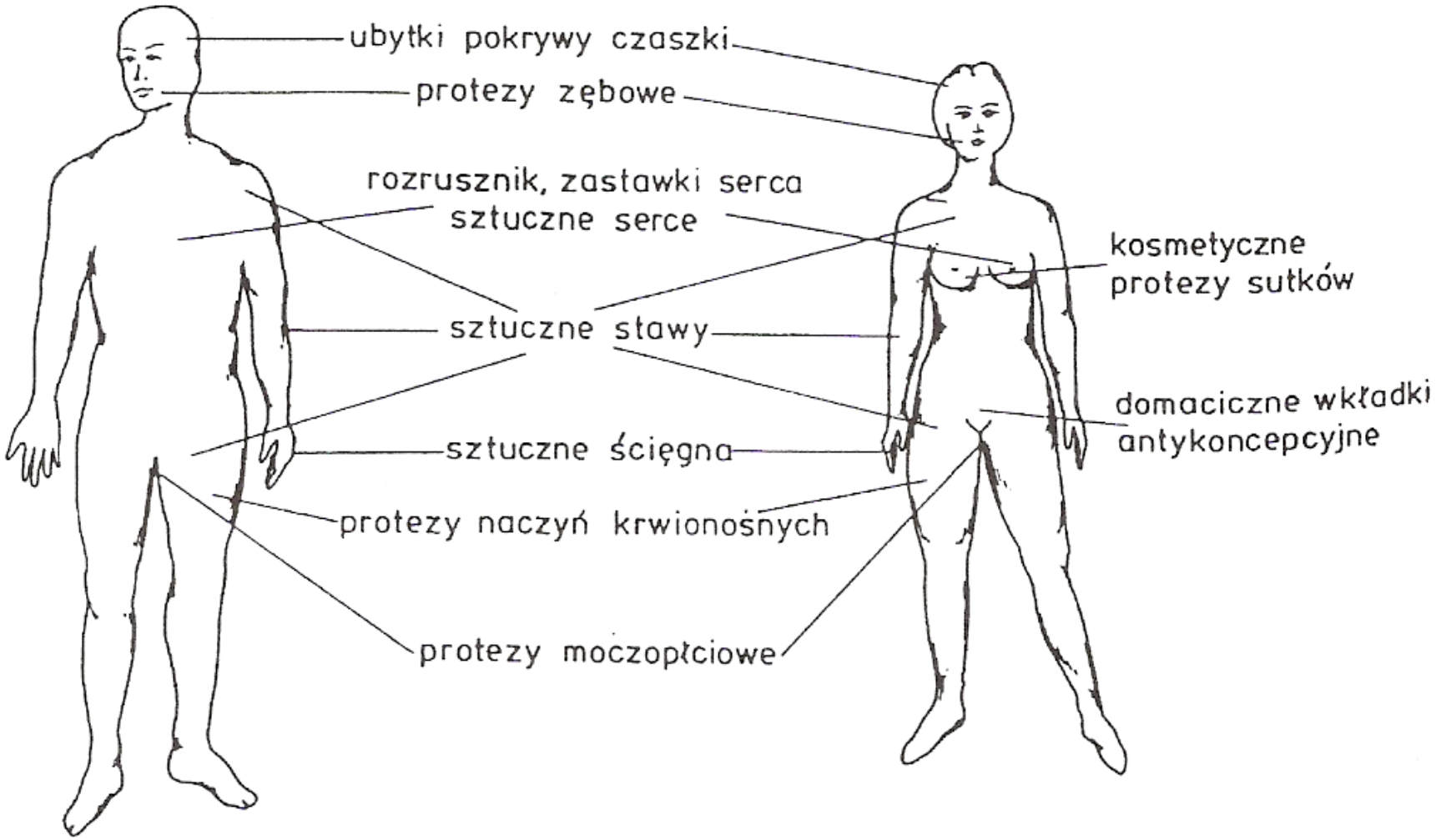
- Organizmy żywe są zdolne wytwarzać ponad 60 różnych minerałów.

- Najbardziej rozpowszechnionymi i najlepiej zbadanymi biominerałami są węglany wapniowe, fosforany wapniowe i biokrzemiany.

BIOMATERIAŁY

- Analizując biominerały produkowane przez żywe organizmy, dąży się do otrzymania nowych materiałów metodami obserwowanymi w przyrodzie. Bywają one naśladowane i używane przy wytwarzaniu nowych materiałów kompozytowych, które wówczas uzyskują oczekiwane właściwości fizyczne, elektryczne lub mechaniczne, nieosiągalne przez technologie konwencjonalne.
  - *Takie wytwarzanie materiałów syntetycznych nazywa się* ***mimetycznym.***

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA BIOMATERIAŁÓW W IMPLANTACJI W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA



DEFINICJA

- Według *European Society for Biomaterials* **BIOMATERIAŁ** jest to substancja inna niż lek lub kombinacje substancji syntetycznych albo naturalnych, która może być użyta w dowolnym czasie jako część lub całość systemu, zastępując tkankę lub organ pełniąc jego funkcję.
- Substancje te mogą być przeznaczone do kontaktu z płynami biologicznymi, krwią i innymi tkankami.

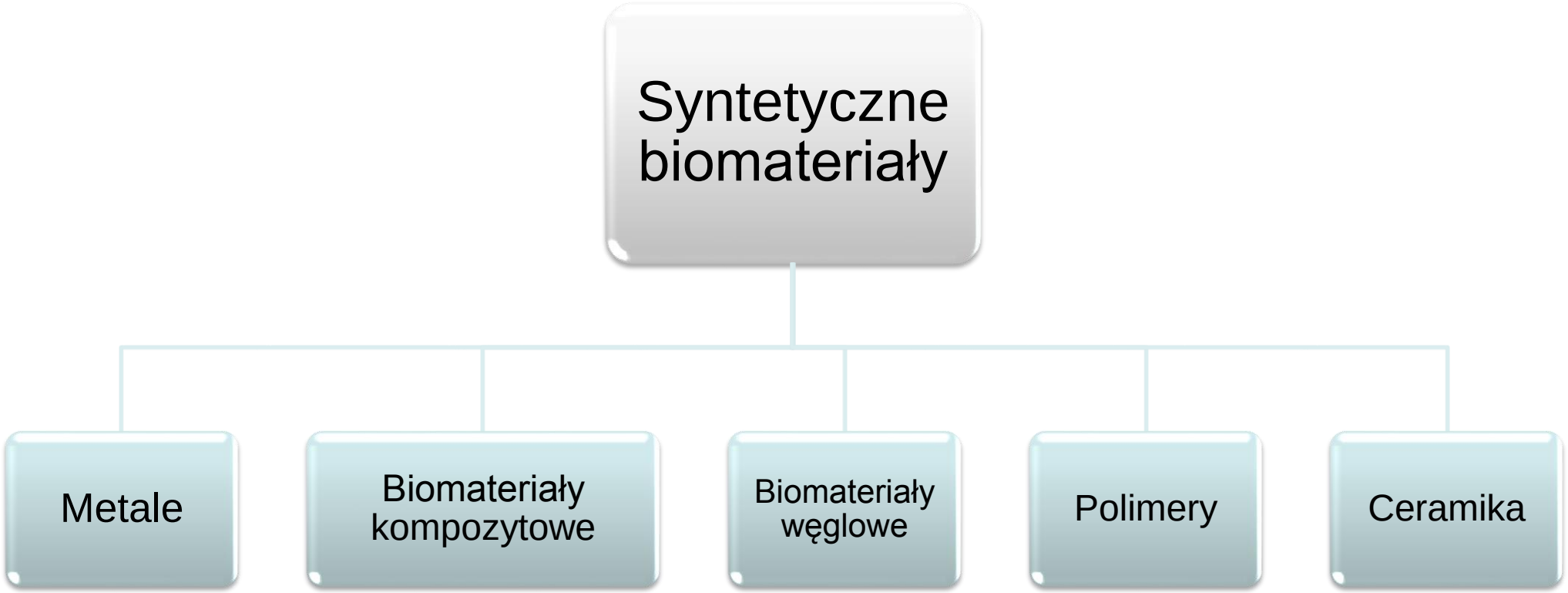
Biomateriały: przemysł

	sztuk rocznie
Soczewki wewnątrzoczne	7 mln.
Soczewski kontaktowe	75 mln.
Wszczepy naczyniowe	400 tyś.
Endoprotezy biodrowe i kolanowe	1 mln
Cewniki	300 mln.
Zastawki serca	200 tyś.
Stenty	2 mln.
Implanty piersi	200 tyś.
Implanty dentystyczne	300 tyś.
Rozruszniki serca	200 tyś.

Rynek 100 mld. dolarów, 1700 różnych typów przyrządów biomedycznych.

B.D. Ratner (An Introduction to Biomaterials), University of Washington Engineered Biomaterials

BIOMATERIAŁY PODZIAŁ



BIOMATERIAŁY PODZIAŁ

- ze względu na ich zachowanie w organizmie:
- – materiały obojętne (prawie obojętne) – niewywołujące żadnej lub prawie żadnej reakcji
- otaczającej tkanki; do grupy tej zalicza się przede wszystkim metale i ceramiki,

- – materiały aktywne – dobrze wiążą się z otaczającą tkanką i stymulują rozwój nowego,
- zregenerowanego organu; do grupy tej można zaliczyć ceramiki i metale,

- – materiały ulegające rozkładowi w środowisku organizmu ludzkiego – po określonym
- czasie działania materiały takie rozpuszczają się w otaczającej tkance i zostają przez
- nią wchłonięte, nie powodując jej uszkodzenia lub zmian patologicznych; do grupy tej
- zaliczyć można przede wszystkim odpowiednie gatunki polimerów.

BIOMATERIAŁY PODZIAŁ

Ze względu na czasie ich bezpiecznego dla organizmu pacjenta użytkowania, przedstawia Łaskawiec i Michalik.

-krótkotrwałe, dla których czas przebywania w środowisku tkankowym nie powinien przekroczyć dwóch lat (przykładem mogą być stale austenityczne),

– długotrwałe, których czas przebywania w środowisku tkankowym może znacznie przekroczyć

Łaskawiec J., Michalik R.: Zagadnienia teoretyczne i aplikacyjne w implantach. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2002.

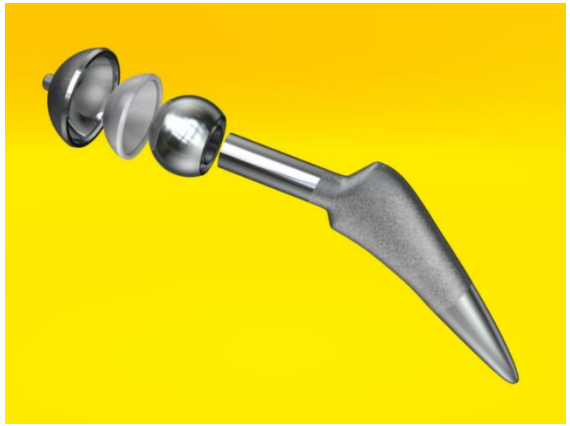
BIOMATERIAŁY

Czas bezpiecznego użytkowania implantów zależy od wielu czynników takich, jak biotolerancja, odporność korozyjna czy też właściwości mechaniczne, dlatego czas bezpiecznego użytkowania określa się osobno dla każdego biomateriału, biorąc pod uwagę jego właściwości użytkowe oraz funkcje, jakie będzie spełniać. Z biomateriałów wytwarzane są różne postacie użytkowe implantów.

Endoproteza stawu biodrowego

IMPLANTY

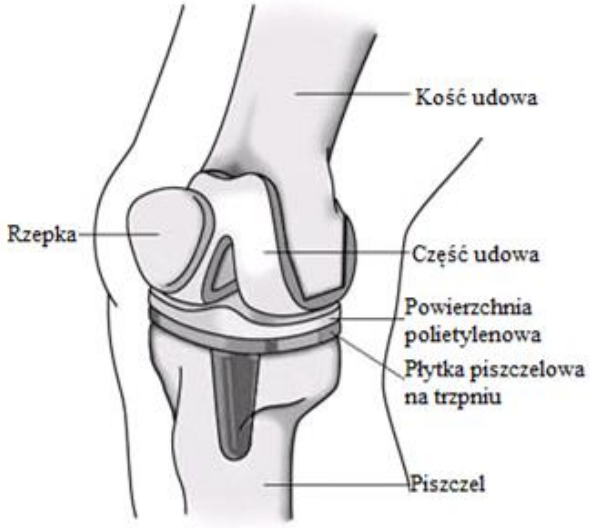
Implantami nazywamy wszelkie, wykonywane z jednego lub więcej biomateriałów przyrządy medyczne które mogą być umieszczone wewnątrz organizmu, jak również częściowo lub całkowicie pod powierzchnią nabłonka, mogące pozostać przez dłuższy okres w organizmie.

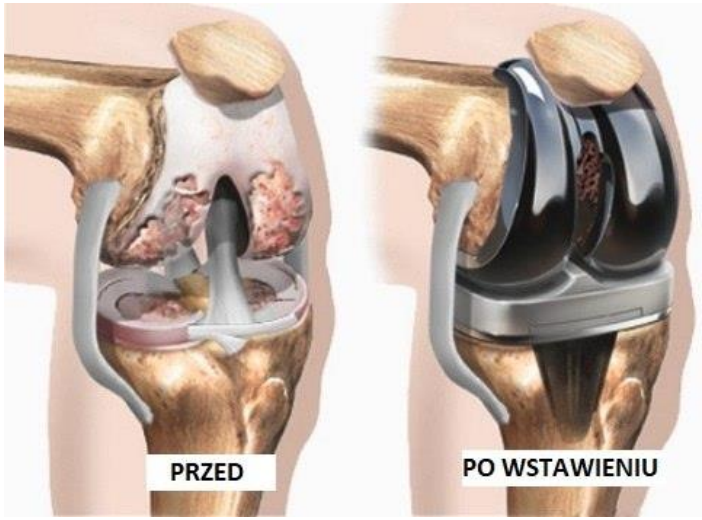


Endoprotezy stawu biodrowego: a) trzon – Ti-6Al-4V, podwójna powłoka natryskiwana plazmowo (hydroksyapatyt); główka – ceramika; b) trzon – stal austenityczna; główka – stal austenityczna lub ceramika ZrO_2; zamocowanie – cement; c) trzon – stop tytanu powłoką hydroksyapatytową; główka – stal austenityczna lub ceramika.

IMPLANTY

- Niekiedy stosowane nazwy implantów nawiązują do dziedziny medycznego ich zasto-sowania lub konkretnego umiejscowienia. Do takich określeń m.in. zaliczyć można im-plant ortopedyczny (rys. 4.5), stosowany, aby wspomóc kość, chrząstkę, więzadła, ścięgna lub powiązane z nim tkanki, albo zastępujący lub uzupełniający tymczasowo brak na stałe tkanki.





Przykłady endoprotez stawu kolanowego

CECHY BIOMATERIAŁÓW

- Jakie cechy powinien mieć biomateriał?
- Bardzo ważną kwestią dotyczącą zastosowania biomateriałów jest biotolerancja (biokompatybilność).
- Biotolerancja = zgodność biologiczna

CECHY BIOMATERIAŁÓW

- **powtarzalna jakości** materiału dla różnych partii wyrobów
- **łatwość formowania**
- **łatwość sterylizacji** bez zmian własności lub kształtu
- odpowiednią jakość fizykochemiczną tworzywa i wyrobów finalnych
- **nieinicjowanie odczynów toksycznych lub alergicznych**
- biotolerancję w środowisku tkankowym
- odpowiednią trwałość funkcjonalną i niezawodność
- Niski koszt produkcji
- Możliwość ponownego przetwarzania

BIOMATERIAŁY

Wystąpienie w organizmie żywym ciała obcego pobudza wiele mechanizmów mających na celu jego usunięcie. Gdy obca substancja, w tym przypadku implant, zostaje wykryta przez układ immunologiczny, organizm rozpoczyna produkcję protein (antyciał) o silnym działaniu utleniającym. Antyciała gromadzą się w pobliżu wszczepu i absorbują do biomateriału. Reakcja obronna organizmu staje się jedną z przyczyn wystąpienia degradacji implantu

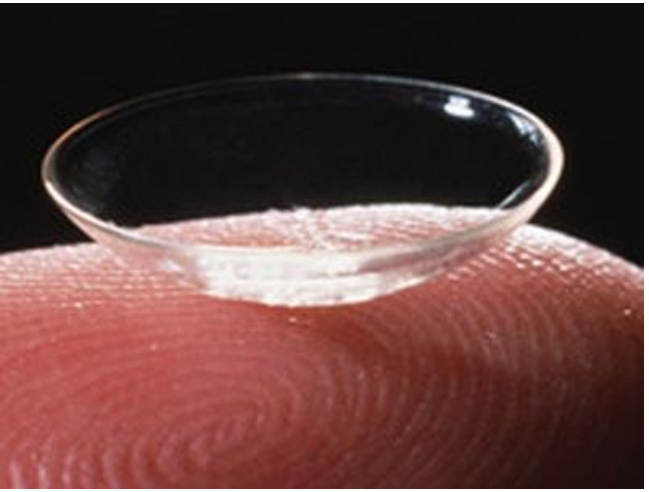
WAŻNIEJSZE MECHANIZMY NISZCZENIA TWORZYW IMPLANTACYJNYCH

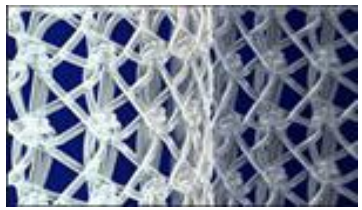
Materiał		Mechanizm niszczenia	Możliwe reakcje organizmu
tworzywa metaliczne	stale austenityczne stopy kobaltu stopy tytanu	korozja fizyczna korozja elektrochemiczna	reakcje toksyczne oddziaływanie rakotwórcze stany zapalne metaloza
tworzywa ceramiczne	materiały węglowe	resorpcja	materiał obojętny dla organizmu
	materiały obojętne Al2O3ZrO2	pękanie, ścieranie korozja naprężeniowa	materiał obojętny dla organizmu
	bioszkła	pękanie hydroliza	powstawanie wiązania kość-implant
	materiały resorbowalne	pękanie resorpcja	odbudowa tkanki kostnej
tworzywa sztuczne	cementy kostne polietylen poliuretany politetrafluoroetylen polistery silikony hydrożele metaloprofiryny	starzenie degradacja depolimeryzacja pęcznienie wysysanie ścieranie	reakcje toksyczne reakcje alergiczne oddziaływanie rakotwórcze stany zapalne

IMPLANTY NARAŻONE SĄ NA NASTĘPUJĄCE RODZAJE ZNISZCZENIA:

- implanty narażone są na następujące rodzaje zniszczenia:
- pitting,
- fretting,
- korozja szczelinowa,
- korozja galwaniczna,
- korozja międzykrystaliczna,
- korozja wodorowa,
- uszkodzenia w wyniku zmęczenia materiału.

Zastosowanie biomateriałów





- Implanty
- Materiały protetyczne i dentystyczne
- Opatrunki
- Soczewki kontaktowe
- Pomocniczy sprzęt medyczny
- Aparaty do hemodializy i hemoprefuzji
- Protezy naczyń krwionośnych
- Sztuczne serce i sztuczne zastawki
- Osłonki leków
- Syntetyczne polimery o dizałaniu farmakologicznym (np. DIVEMA – przewiwirusowe i przeciwnowotworowe)

Zastosowanie biomateriałów

Biomateriały metaliczne

Ti,
Stopy Ti-6Al-4V
Stopy Ti-6Al-7Nb

Implanty
denstystyczne

Stopy: Au-Cu-Ag,
Au-Cu-Ag-Pt-Pd
Ti-6Al-4V, Ti

Korony,
mostki

Stal 316L
Stopy Ti-Ni

Stenty

Elektrody: stop Pt-Ir , Ti
Obudowa: Ti, Ti-6Al-4V

Rozrusznik serca

Stopy Ti-6Al-4V
Stal 316L
Stopy Ti-6Al-7Nb

Płytki kostne

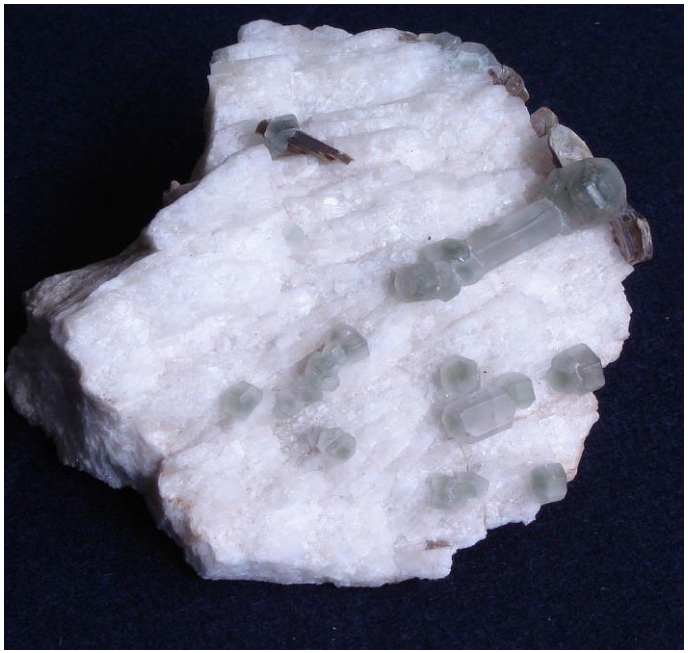
Stopy Ti-6Al-4V
Stopy Co-Cr
Stal 316L

Endoprotezy

Na podstawie: S. Hiromoto, Interface, Summer 2008, 41

Hydroksyapatyt

Hydroksyapatyt – HA, HAP



Abraham Gottlob Werner – niemiecki geolog i mineralog

- ✓ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$
- ✓ Związek mineralny – minerał apatytowy
- ✓ Występowanie naturalnych apatytów: prawie wszystkie skały wulkaniczne, skały metamorficzne i osadowe
- ✓ Apatyt biologiczny u kręgowców: kości i zęby. Ponadto we wszystkich patologicznie zwapniałych tkankach, takich jak: kamienie ślinowe, mózgowe, nerkowe, żółciowe, moczowodowe, migdałkowe

Hydroksyapatyt biologiczny

- Hydroksyapatyt biologiczny zawiera małe ilości fluoru, magnezu i sodu oraz jonów węglanowych i cytrynianowych.

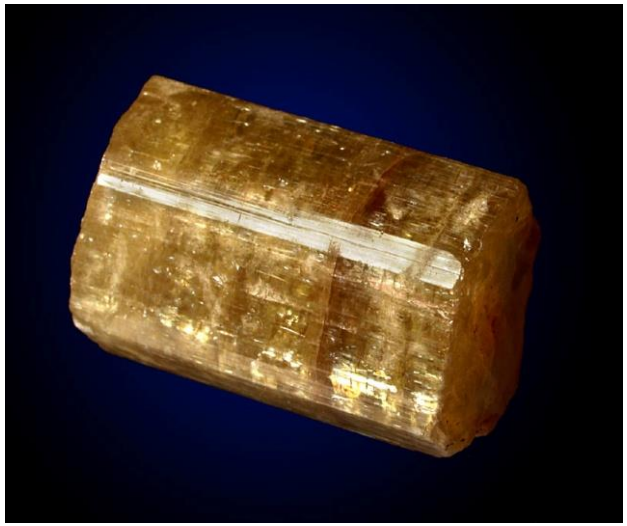
Hydroksapatyt biologiczny

- Występuje głownie w kościach, zębach i tkankach patologiczne zwapniałych takich jak: kamienie nerkowe, pęcherzowe, moczowodowe, żółciowe, migdałkowe. Występuje również w kamieniach śliniankowych i mózgowych.

Hydroksyapatyt

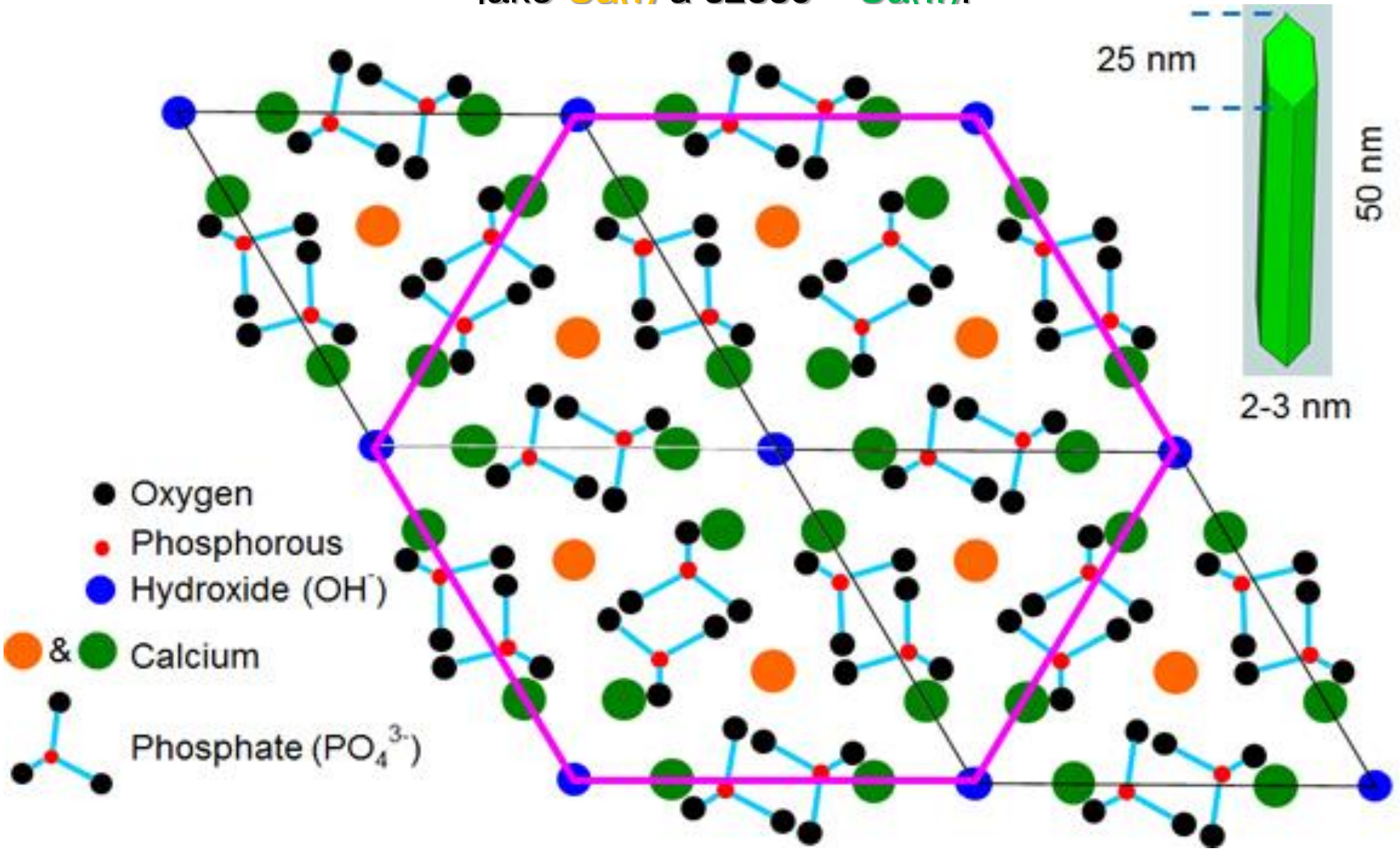
Naturalny i syntetyczny hydroksyapatyt różnią się strukturą i stosunkiem molowym P/Ca. HAp występujący w kościach krystalizuje w układzie heksagonalnym i występuje w postaci mikrokrystalicznych płytek. Stosunek molowy Ca/P hydroksyapatytu naturalnego nieco różni się od wartości 1.67 wynikającej ze wzoru sumarycznego.

Minerały apatytowe



Katia i Krokodyl

W komórce elementarnej hydroksyapatytu można wyróżnić sześć grup PO_4^{3-}, dwie grupy hydroksylowe OH^- i dziesięć atomów wapnia, z czego w zależności od ich najbliższego otoczenia cztery są określane jako Ca(I) a sześć – Ca(II).



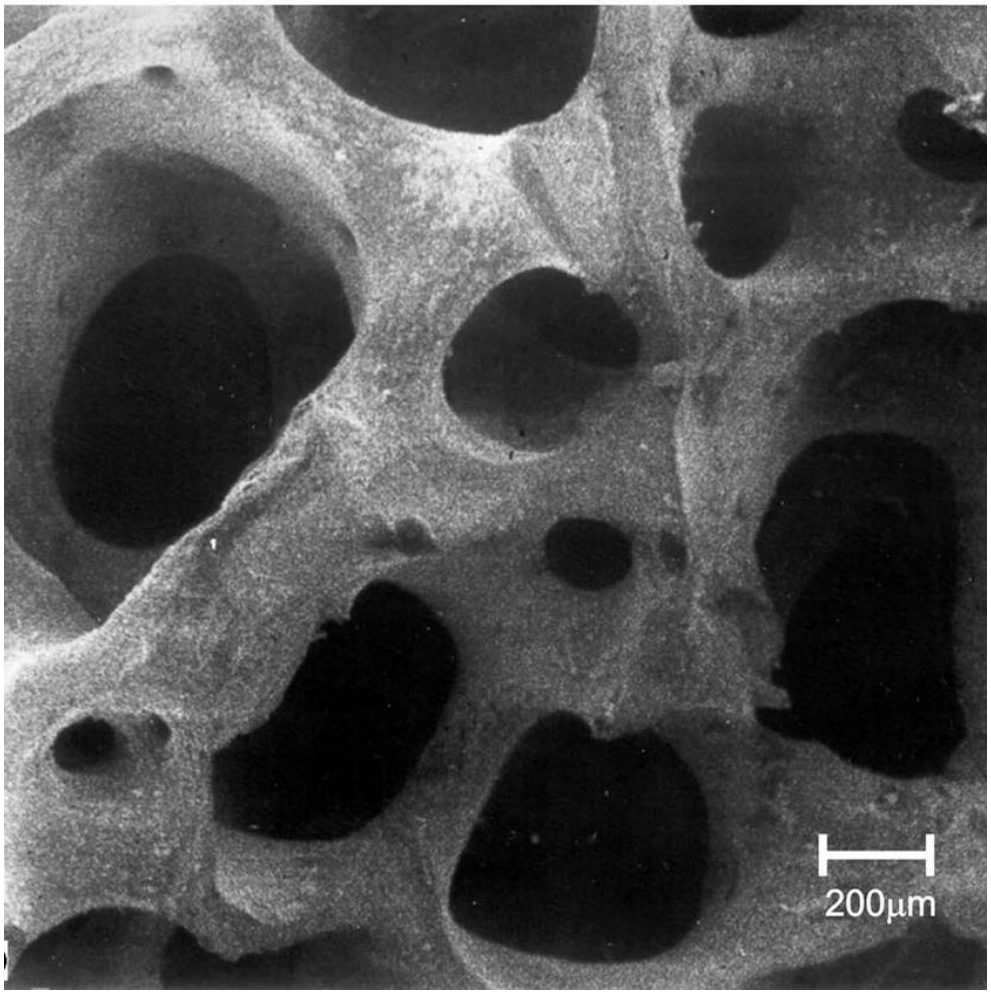
Właściwości fizykochemiczne

Parametr		Wartość	Jednostka
Ciepło topnienia		15,5	kJ/mol
Temperatura topnienia		1570	°C
Ciepło parowania		458,24	kJ/mol
Temperatura wrzenia		3227	°C
Gęstość		3156	kg/m^3
Współczynnik rozszerzalności cieplnej		$13,3 \times 10^{-6}$	1/°C
Ciepło właściwe od –73 do 1927°C		750–1300	J/(kg °C)
Przewodnictwo cieplne HAp zwartego 27–3227°C		1,4–2,3	W/m °C
Przewodnictwo cieplne HAp porowatego 27–3227°C		1,2–1,8	W/m °C
Stosunek molowy Ca/P HAp stechiometryczny Hap niestechimetryczny		1,67 1,5–2,0	
Skład tlenkowy	CaO	55,8	% mas.
	P_2O_5	42,4	
	H_2O	1,8	
Powierzchnia właściwa		12,5–22,9	m^2/g
Rozpuszczalność w wodzie		niska	
Rozpuszczalność w zasadach		niska	
Rozpuszczalność w kwasach		wysoka	
Współczynnik załamania światła		1,64	
Zdolność wymiany jonowej		wysoka	

Właściwości fizykochemiczne

Hydroksyapatyt wykazuje **doskonałe właściwości sorbujące** w stosunku do:

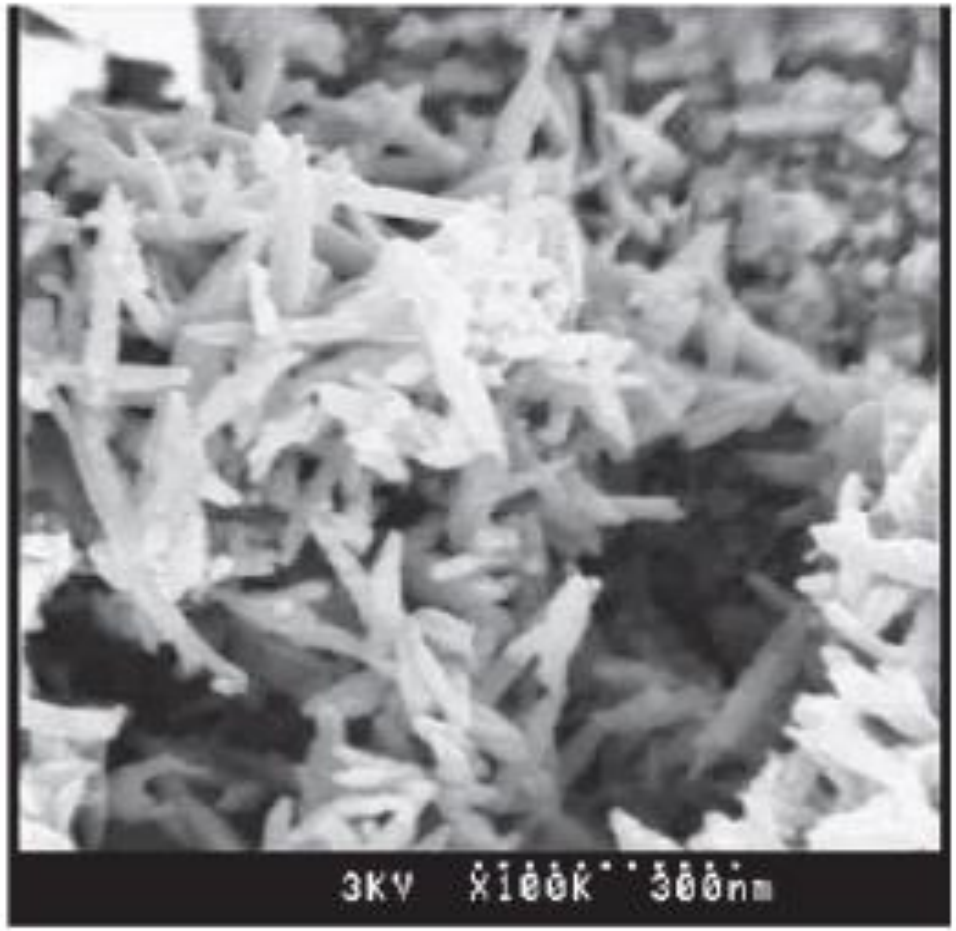
- ✓ kwasów tłuszczowych,
- ✓ protein zawartych w ślinie,
- ✓ lipidów,
- ✓ Mg^{2+} w środowisku biologicznym.



Obraz SEM porowatej ceramiki HAp

Niezależnie od tego, które substraty zostaną użyte, proces syntezy HAp składa się z **następujących etapów**:

- ✓ przygotowanie roztworów lub zawiesin substratów o odpowiednim stężeniu,
- ✓ dodawanie kroplami jednego z substratów w ilości stechiometrycznej,
- ✓ mieszanie przez określony czas,
- ✓ odfiltrowywanie i przemycie osadu do odczynu obojętnego,
- ✓ suszenie otrzymanego produktu.



$$10Ca(OH)_2 + 6H_3PO_4 \rightarrow Ca(PO_4)_6(OH)_2 + 18H_2O$$

Otrzymywanie

Inne metody pozyskiwania hydroksyapatytu

- metoda hydrotermalna,
- z surowców naturalnych,
- poprzez hydrolizę fosforanów wapnia,
- metody suche,
- metoda zol – żel,
- metoda topnikowa

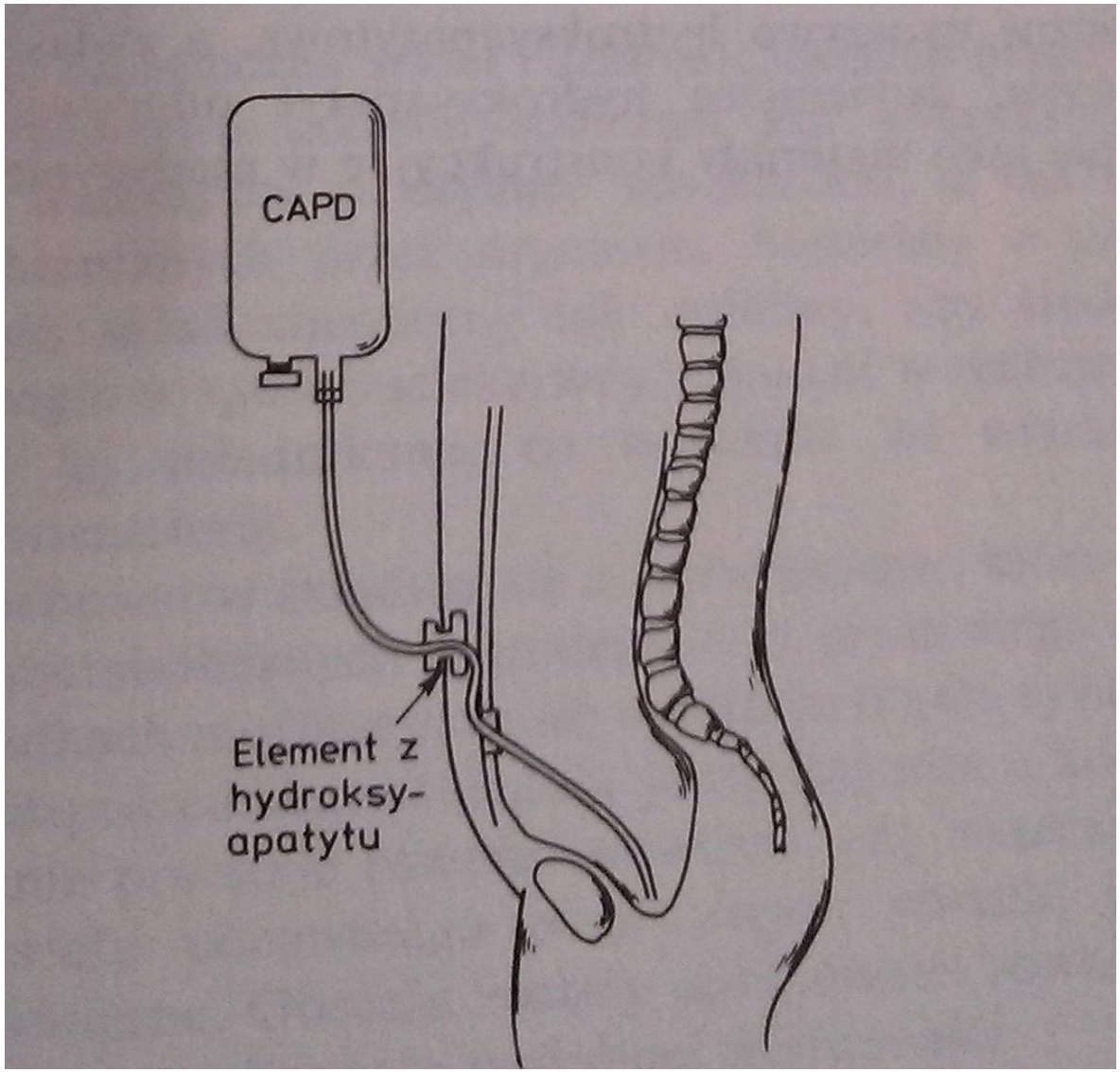
Zastosowanie

Ze względu na liczne zalety, spośród których jedną z najważniejszych jest **biozgodność**, bioceramika hydroksyapatytowa oraz materiały kompozytowe zawierające HA odgrywają i będą odgrywać coraz większe zastosowanie.

Bioceramika hydroksyapatytowa znajduje szerokie zastosowanie w:

- ✓ ortopedii,
- ✓ chirurgii urazowej,
- ✓ stomatologii,
- ✓ chirurgii szczękowej,
- ✓ chirurgii plastycznej,
- ✓ neurologii,
- ✓ okulistyce,
- ✓ laryngologii.

Dializa nerek systemem CAPD



Niezwykle ważnym zastosowaniem bioceramiki hydroksyapatytowej może być jej wykorzystanie do wytwarzania **fragmentu urządzenia** służącego do dializy nerek systemem ambulatoryjnym (ang. CAPD – *Continous Ambulatory Peritoneal Dialysis*). Fragmentem tym jest wysoce biozgodny krążek, który zastąpił element wykonany ze stopu tytanowego. Dzięki temu szczelniej przylega on do otaczającej go tkanki miękkiej i poprzez to **chroni organizm przed stanami zapalnymi spowodowanymi przez mogące wnikać bakterie i wirusy.**

Hydroksyapatyt mineralogiczny

- Występuje w przyrodzie jako składnik skał metamorficznych i osadowych, zwłaszcza w skałach pochodzenia wulkanicznego

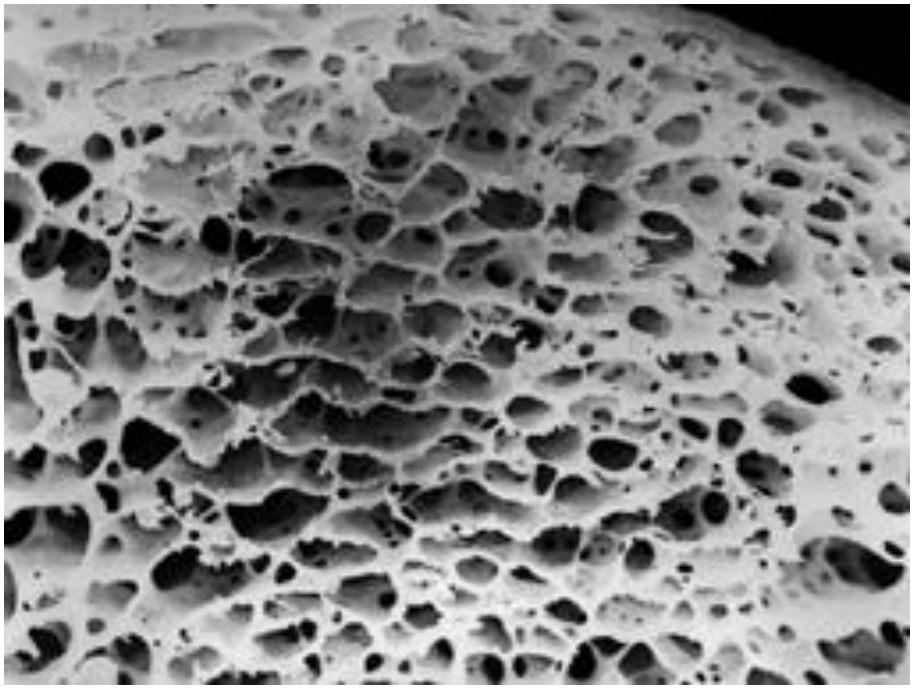
Rola hydroksyapatytu kostnego

Stosunek Ca/P wynosi 1,67.

Powierzchnia HA wykazuje dużą aktywność i zdolność wymiany soli, na drodze adsorpcji jonów z otoczenia.

Kontakt z tkankami organizmu na powierzchni dochodzącej do 330 tys. m^2.

Im więcej hydroksyapatytu, tym kości twardsze, bardziej odporne mechanicznie.



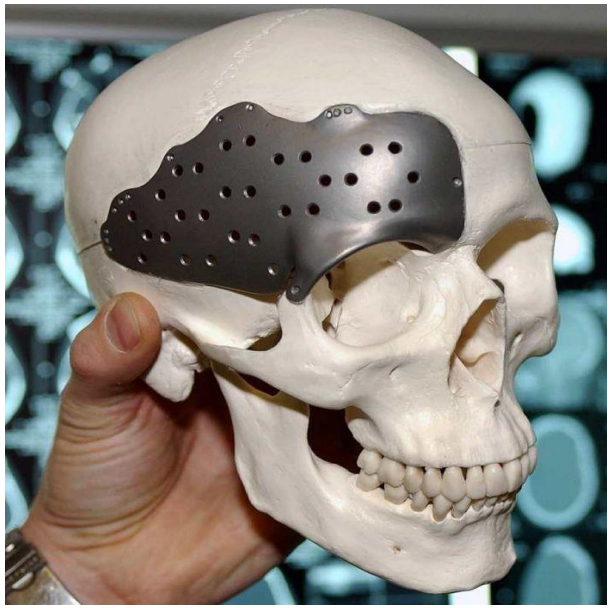
Struktura beleczkowata kości gąbczastej człowieka na przykładzie głowy kości udowej (powiększenie 60-krotne)

Zastosowania syntetycznego hydroksyapatytu

Sztuczna kość z Lublina

- Plastyczny – idealnie dopasowuje się do kształtu i wymiaru ubytku
- Stopniowo uwalnia lek, co przyspiesza gojenie
- Stanowi rusztowanie dla nowo tworzącej się kości, która po kilku miesiącach może zastąpić kompozyt
- Prof. dr hab. Grażyna Ginalska z UM w Lublinie przy współpracy z naukowcami z AGH w Krakowie stworzyła materiał kości zastępczy o unikalnych właściwościach
- **Kompozyt hydroksyapatytu (granulat HAp) z polimerem cukrowym otrzymał patent europejski w 2013 r. oraz liczne nagrody i wyróżnienia w Polsce i za granicą**

Ortopedia
i chirurgia urazowa



- Do uzupełniania ubytków kostnych powstałych w wyniku urazów, stanów zapalnych, nowotworów
- Pokrycie części metalowych protez stawowych

Laryngologia

- Rekonstrukcja tylnej ściany przewodu słuchowego
- Rekonstrukcja młoteczka ucha środkowego

Chirurgia szczękowa

- Wypełnienia ubytków po usunięciu torbieli w żuchwie lub szczęce
- Leczenie przetok zębowych

Hydroksyapatyt w stomatologii

Tytanowy implant dentystyczny pokr
hydroksyapatytem (u góry dodatko
wzmocnionym drobnymi cząsteczka
szkła).

Hydroksyapatyt w stomatologii

Biozgodne cząsteczki hydroksyapatytu zamykają unerwione kanały zębinowe (odsłonięte wskutek cofania się dziąseł) przynosząc ulgę w nadwrażliwości.

Ponadto HA ogranicza odkładanie się płytki nazębnej, wpływa na remineralizację szkliwa i wyrównuje jego powierzchnię.

Ma również właściwości wybielające.

Metoda opakowywania zębów hydroksyapatytem

- Prof. Japońskiego uniwersytetu opatentował metodę powlekania zębów ultracienką powłoką HA (0,004 mm), która tworzy warstwę ochronną przed próchnicą, a w przyszłości będzie zapewniać trwały efekt wybielania (na razie powłoka jest bezbarwna).

Inne zastosowania medyczne hydroksyapatytu

- W chirurgii plastycznej – do rekonstrukcji kształtu ubytku w obrębie twarzoczaszki
- Jako nośnik leków podawanych docelowo do kości – porowaty HA
- Jako fragment urządzeń do dializy nerek w formie krążka przylegającego do tkanki miękkiej

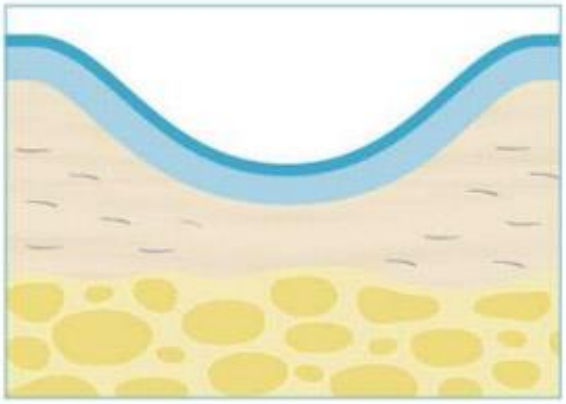
Radiesse – wypełniacz na bazie hydroksyapatytu

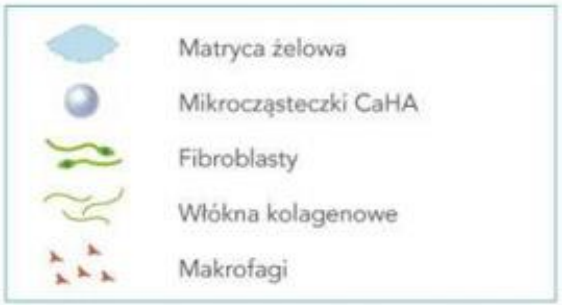
Radiesse - korekcja gęstości skóry dłoni

Radiesse – sposób działania

Przed zabiegiem:

Spadek objętości skóry skutkuje wyraźną utratą konturu twarzy



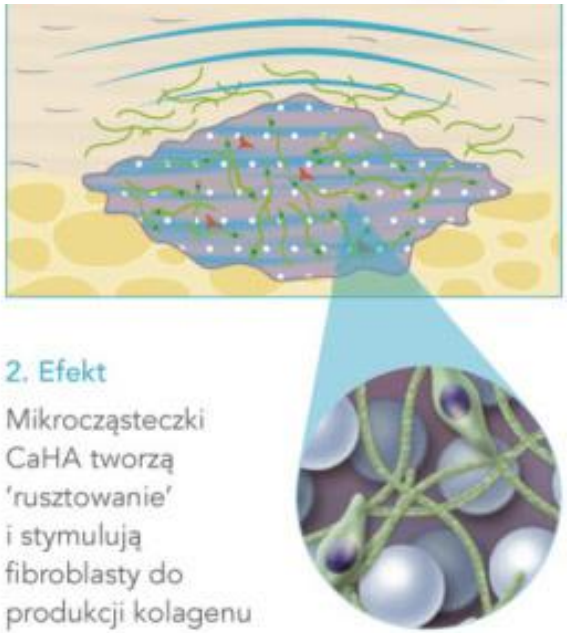


Po zabiegu:

Natychmiastowa korekta 1:1

1. Efekt

Matryca żelowa z mikrocząsteczkami CaHA gwarantująca natychmiastowy efekt liftingujący



2. Efekt

Mikrocząsteczki CaHA tworzą 'rusztowanie' i stymulują fibroblasty do produkcji kolagenu

12 miesięcy lub dłużej

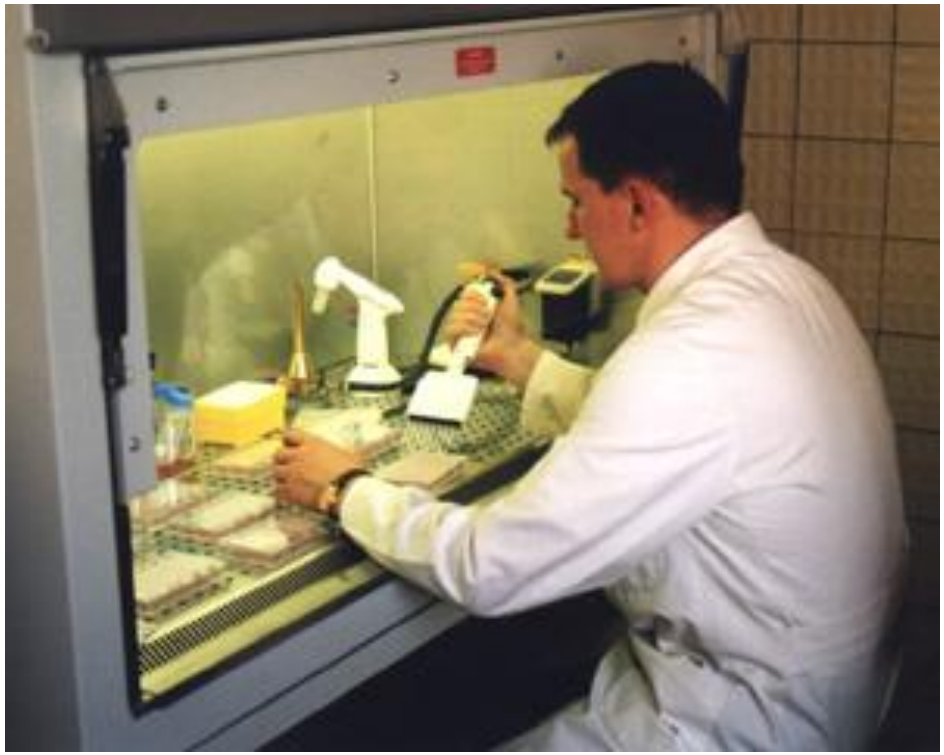
Zwarta siatka kolagenowa wzmacnia skórę właściwą

Siatka kolagenowa

W skórze właściwej tworzy się zwarta siatka włókien kolagenowych

Podłoże do hodowli przestrzennych komórek *in vitro*

- Ze względu na biokompatybilność, HA wykorzystywany jest do hodowli tkankowych osteoblastów
- Zależnie od stopnia porowatości, HA może wychwytywać jony Ca^{2+} i Mg^{2+} z podłoża, co może wpływać na metabolizm hodowanych komórek



Wykorzystanie właściwości adsorpcyjnych hydroksyapatytu

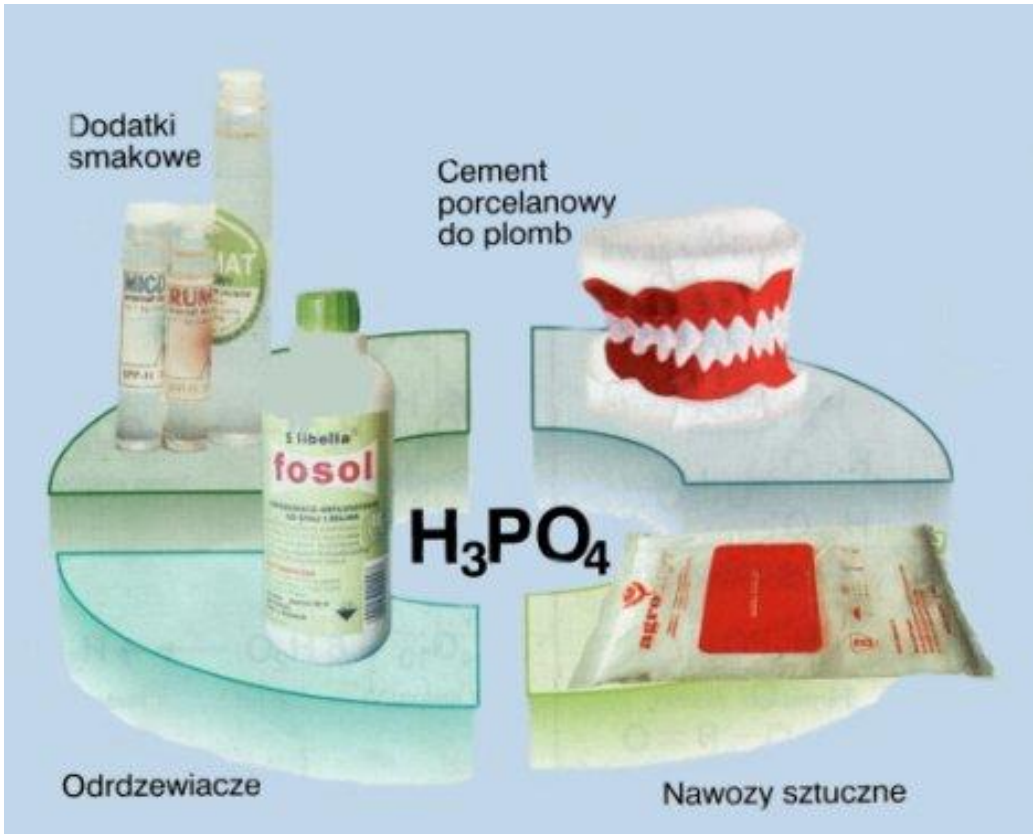
- Prowadzenie różnorodnych badań nad adsorpcją na hydroksyapatycie dla celów naukowych i przemysłowych

- Adsorbent (faza stacjonarna) w kolumnach chromatograficznych do rozdzielania białek

Wykorzystanie właściwości adsorpcyjnych hydroksyapatytu

- Nanohydroksyapatyt adsorbuje jony metali ciężkich np. Pb^{2+}, Cd^{2+}, $Ni^{2+,}$ co stwarza możliwość ewentualnego wykorzystania go w ostatnim etapie oczyszczania ścieków z metali

Produkcja nawozów sztucznych (fosforowych) i kwasu fosforowego



- Dziękuję za uwagę!

- Pozdrawiam i życzę zdrowia!