

wanie tworzywa akrylowego na błonę śluzową występuje często i o różnym nasileniu w zależności od rodzaju tworzywa i tolerancji osobniczej. Wydaje się jednak, że skutki tego oddziaływania można w znacznym stopniu ograniczyć lub w pewnych przypadkach zniwelować całkowicie przez stosowanie odpowiedniego tworzywa akrylowego i właściwej technologii oraz przestrzeganie podstawowych zaleceń producenta.

Wnioski

1. Prawidłowa polimeryzacja badanych tworzyw akrylowych nie zabezpiecza błony śluzowej przed odczynem zapalnym.
2. Badane tworzywa po 6 tygodniach od wszczęcia w błonę śluzową policzka szczura wywołują miejscową reakcję w postaci otorebkowania warstwą tkanki łącznej oraz objawy fagocytozy.
3. Najbardziej nasilone zmiany w błonie śluzowej i odczynowy przerost węzłów chłonnych szyjnych wywołuje tworzywo szybkopolimeryzujące Vertex S.C.

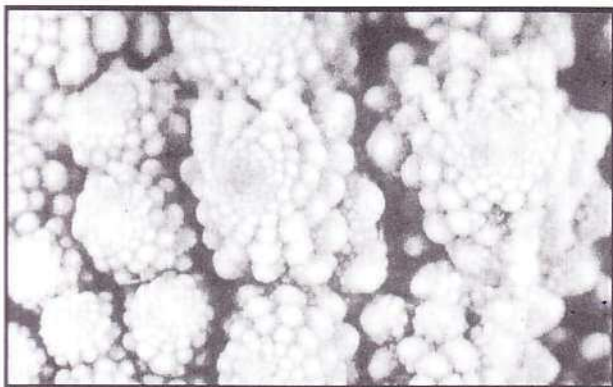
STRUKTURY FRAKTALNE W MEDYCYNIE

ANNA STOCH*, GRZEGORZ JAKUB STOCH**

*KATEDRA CHEMII KRZEMIANÓW I ZWIĄZKÓW WIELKOCZĄSTECZKOWYCH, WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI, AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, KRAKÓW

**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ IM. H. NIEWODNICZAŃSKIEGO, KRAKÓW

Termin "fraktal" został wprowadzony przez B. B. Mandelbrota [1,2] a pochodzi z łacińskiego frangere - "złamać" lub "nieregularny". Fraktale są obiektami wykazującymi samopodobieństwo i nieregularność w każdym powiększeniu i które nie dają się opisać przez zwykłą geometrię Euklidesową. Zaproponowano geometrię fraktalną, jako nowe narzędzie dla opisanego np. tekstury rozkładu masy wysoce porowatych, bardzo lekkich materiałów, takich jak aerozele krzemionkowe lub pasty cementowe. Strukturę fraktalną materiałów szeroko badano stosując neutronowe rozpraszanie niskokątowe [3], rentgenowskie rozpraszanie



RYS.1. Brokoły romanesco z wyraźnymi cechami samopodobieństwa.

FIG.1. Romanesco broccoli with the features of self-similarity [11].

28, 3, 143.

[18] Spiechowicz E. et. Al.: Badania nad dimorfizmem *C. Albicans* na powierzchniach protezy i błony śluzowej u pacjentów ze stomatopatią protetyczną. *Protet. Stom.* 1994, 44,2, 65.

[19] Tejchman H.: ocena biochemiczna i histoenzymatyczna działła prawidłowego i w stanie zapalnym. *Protet. Stom.* 1976, 26,6,385.

[20] Tschuchiya H. Et al.: Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methyl methacrylate from acrylic resin dentur base materials. *J. Prosthet. Dent.* 1994, 71, 618.

[21] Wajs S., Kobyłecki W.: Uwagi na temat tworzywa akrylowego Sr-C-B Colorstat. *Protet. Stom.* 1978, 6, 383.

[22] Waters M. et. al.: Dynamic mechanical thermal analysis of denture soft lining materials. *Biomaterials*, 1996, 17, 16, 1627.

[23] Weaver R.E., Goebel W.M.: reaction to acrylic resin dental prostheses. *J. Prosthet. Dent.* 1980, 43, 138.

[24] Vainiotalo S. et. al.: Toxicity of polymethylmethacrylate thermodegradation products. *Arch. Toxicol.* 1984, 55, 137.

[25] Zak Z.: Biomechanizm powstawania stomatopatii protetycznych. *Protet Stom.* 1983, 5-6, 269.

FRACTAL STRUCTURES IN MEDICINE

ANNA STOCH*, GRZEGORZ JAKUB STOCH**

*DEPARTMENT OF SILICATE CHEMISTRY AND MACROMOLECULE COMPOUNDS, FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS, UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY, KRAKÓW

**INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS, KRAKÓW

The term "fractal" was coined by B. B. Mandelbrot [1,2] and is derived from latin frangere which means "to break" or "irregular". Fractals are the objects which show self similarity and irregularities at any magnification and may not be described by regular Euclidean geometry. Fractal geometry has been proposed to be a new tool in understanding, e.g. the texture and the mass repartition of highly porous, very lightweight materials such as silica aerogels or cement pastes. The fractal structure of materials has been extensively studied by small angle neutron scattering [3], small angle X-Ray scattering [4] or light scattering [5].

In nature, all around, we may observe many examples of irregular shapes in a tree, in the coastline, in a cloud formation, in the shape of mountainside or in cauliflower or broccoli beauty (FIG.1). Mandelbrot even supposed, that the nature is mostly fractal in character than Euclidean [3].

In scientific literature a certain number of medical applications of fractal geometry [6] described by Mandelbrot can be found; examples come from anatomy, cytology, general physiology and physiopathology. Furthermore, in several publications, real clinical applications are shown, in particular in cardiology, neurology, ophthalmology, radiology and other imaging techniques.

The question is: what the interest of the self-similarity in medicine is? If we consider the airways of the human lung, the bronchi and bronchioles form a "tree" (FIG.2) that has multiple generations of branchings. The small scale branchings of the airways resemble the branchings at a larger scale. Nelson, West and Goldberger [7] found that the type of scaling could be predicted as the dimensions of a fractal.

Blood vessels of the heart exhibit a similar branching and one can consider them as fractal-like structure in a pu-

niskokątowe [4] lub rozpraszanie światła [5].

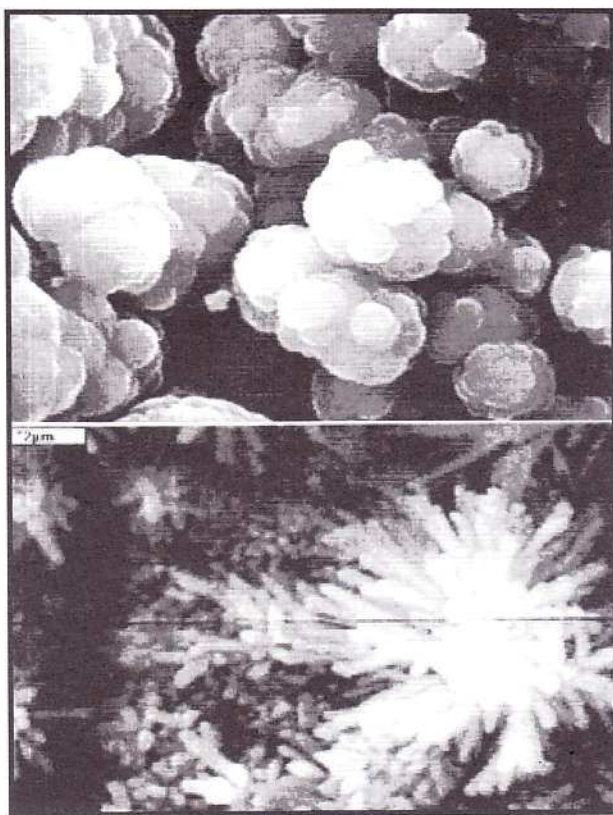
W otaczającej nas przyrodzie mamy wiele przykładów nieregularnych kształtów drzew, linii wybrzeża, kształtów chmur, pasm górskich, kwiatów kalafiora lub brokułów (RYS.1). Mandelbrot sądził nawet, że natura ma charakter bardziej fraktalny, niż Euklidesowy [3].

W literaturze naukowej można znaleźć pewną ilość zastosowań medycznych geometrii fraktalnej opisanych przez Mandelbrot [6]. Przykłady pochodzą z anatomii, cytologii, fizjologii ogólnej i fizjopatologii. Ponadto, w szeregu publikacji pokazano kliniczne zastosowania geometrii fraktalnej, w szczególności w kardiologii, neurologii, oftalmologii, radiologii i innych technikach wykorzystujących obraz (wykres).

Pojawia się pytanie: jaki związek ma samopodobieństwo z medycyną? Rozważając drogi oddechowe ludzkich płuc, oskrzela i oskrzeliki tworzą "drzewo" (RYS.2) które ma wiele stopni rozgałęzień. Rozgałęzienia dróg oddechowych w mniejszej skali przypominają rozgałęzienia w większej skali. Nelson, West i Goldberger [7] odkryli, że rodzaj skalowania można określić jako wymiary fraktalne.

Naczynia krwionośne serca wykazują podobne rozgałęzienia i z punktu widzenia czystej anatomii można je rozważać jako strukturę fraktalową. Ze względu na fraktalność rozgałęzień, ich funkcja - mianowicie rozprowadzanie krwi - podlega tym samym regułom [8]. Płucny przepływ krwi i jego różnorodność przestrzenna, także mają właściwości fraktalne [7].

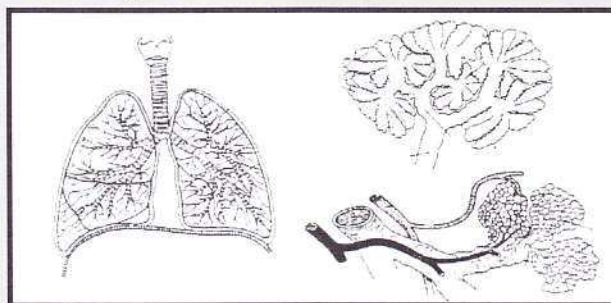
Istota tej filozofii polega na możliwości kwantyfikowania złożonych, nieregularnych struktur w sposób raczej zwężony, na łatwym wprowadzeniu algorytmu fraktalnego i wykorzystaniu go z pomocą komputera. To może ułatwić i skrócić diagnostykę lekarską. Konwencjonalna mądrość medyczna utrzymuje, że choroba wynika z zaburzenia skądinąd uporządkowanego, podobnego maszynie, systemu



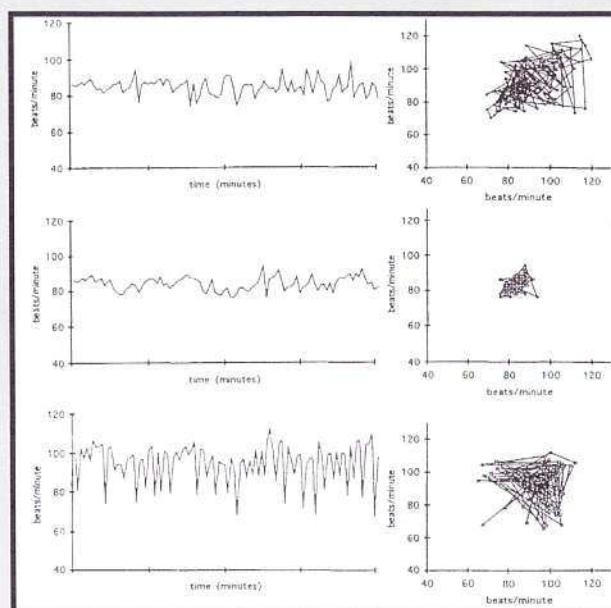
RYS.4. Depozyty fosforanowe (HAP) otrzymane metodą elektrochemiczną z elektrolitu wapniowo-fosforanowego.
FIG.4. Phosphate deposits (HAP) obtained by electrochemical method.

rely anatomical way. Due to this fractal-like branching, their function - namely blood distribution - underlies the same concepts [8]. Pulmonary blood flow and its spatial heterogeneity also have the fractal properties [7].

The main interest in such a philosophy lies in the possibility to quantify the complex, irregular structures in a rather compact, fractal based algorithm easily introduced and exploited with help of a computer. It may facilitate and shorten medical diagnosis.



RYS.2. Drzewo oskrzelowe płuc, pęcherzyki płucne [11]
FIG.2. The tree of bronchi and bronchioles [11].



RYS.3. Wykres pracy serca: zdrowego człowieka (górną część zestawienia), kilka godzin przed zatrzymaniem pracy serca (środkową część), wykres pracy serca chorego człowieka (dolną część wykresu) [10].

FIG.3. Example of a time plot of the heart in a healthy heart (upper section), a few hours before heart arrest (middle section) and of the same patient earlier in his disease (lower section).

The conventional wisdom in medicine holds that disease arises from disturbances of an otherwise orderly and machinelike system where the stress decreases order by provoking erratic responses or by upsetting the body's normal periodicity. The fact that nervous system impulses fluctuate in a chaotic fashion is well known and the analyses of EEG in healthy individuals give evidence for chaos, irregularity [9]. In epilepsy, the chaotic fluctuations are replaced by highly regular cycles. Other pathologies also exhibit increasingly periodic, i.e. non chaotic behavior of EEG plots and a loss of variability e.g. in Parkinson's disease, maniac depression [6].

FIG. 3 shows an example of time plot of the heart rate in a healthy heart, a few hours before heart arrest (middle section) and of the same patient earlier in his disease (lo-

gdzie napięcie zmniejsza uporządkowanie przez wzbudzenie błędnych reakcji lub przez zmianę zwykłej periodyczności funkcji ciała. Fakt, że impulsy systemu nerwowego fluktuują w sposób chaotyczny jest dobrze znany i analizy EEG u zdrowych osobników dają dowód chaosu, nieregularności [9]. W epilepsji, chaotyczne fluktuacje są zastąpione przez bardzo regularne cykle. Inne patologie także wykazują bardziej periodyczne, tj. nie chaotyczne zachowanie się przebiegów EEG i utratę zmienności, np. w chorobie Parkinsona, depresji maniackalnej [6].

Na RYS.3 jest przykład zależności czasowej rytmu serca zdrowego człowieka kilka godzin przed atakiem serca (część środkowa) i dla tego samego pacjenta wcześniej podczas jego choroby (część dolna). Dla serca zdrowego widzimy chaotyczny, fraktalny rozkład zilustrowany w górnej części zestawienia. Kilka godzin przed atakiem serca (zatrzymaniem jego akcji) widoczna jest prawie niezmienna pozycja punktu częstości uderzeń serca zobrazowana na środkowym prawym wykresie i bardzo regularny cykliczny rozkład punktów częstości uderzeń serca w obszarze dolnej części zestawienia [10].

Jak wiadomo, morfologia, mikrostruktura, własności fizyczne i chemiczne powierzchni implantów medycznych silnie wpływają na ich reaktywność względem tkanki biologicznej. W naszych obecnych pracach dotyczących technologii implantów stosujemy pokrycia łączące na metalach, materiałach węglowych i ceramice stosując chemiczne (zole, metody biomimetyczne) lub elektrochemiczne (elektroforeza, elektroliza) metody osadzania. Pokrycia te są zbudowane z nanometrycznych ziaren fosforanów wapnia, o kształtach nieregularnych w postaci przypominającej geometrię fraktalną (RYS.4). Ponieważ powierzchnie nieregularne, bardzo rozdrobnione, mają zgromadzoną dużą energię powierzchniową, takie powierzchnie o strukturze fraktalowej zbudowane z nanocząstek muszą być bardziej aktywne. Najistotniejszy jest wzrost biologicznej reaktywności powłoki implantu względem naturalnej kości, powodującej ich silniejsze związanie. Spodziewamy się opisać te powłoki stosując formalizm fraktalowy, dążąc do optymalizacji procesu technologicznego.

Podziękowania

Praca finansowana przez KBN (projekt nr 1145/T08/2001/20).

wer section). In a healthy heart we can see a chaotic, fractal like distribution in the upper right phase representation. Several hours before cardiac arrest an almost unchanging one point attractor plot seen in the middle right, and a very regular cyclic distributions of the heart beat frequency points in space in the lower right section [10].

It is known that morphology, microstructure, physical and chemical properties of medical implants surface strongly influence their reactivity towards biological tissue. In our current works on implant technology, we apply the joining coats on metals, carbon materials and ceramics using chemical (sol-gel, biomimetics) or electrochemical (electrophoresis, electrolysis) methods of deposition. The coats are composed of nanometric grains of calcium phosphates, irregularly shaped in the form resembling fractal geometry (FIG.4). Since irregular, very dispersed surfaces have accumulated high surface energy, such fractal-like surfaces constructed from nanoparticles have to be more active. Most interesting is increasing biological reactivity of the implant coats towards natural bone, resulting in their stronger bonding. We expect to describe those coatings with the fractal formalism tending to optimize the technological procedures.

Acknowledgements

The work was supported by KBN (project 1145/T08/2001/20).

Piśmiennictwo

References

- [1] B.B. Mandelbrot, The fractal geometry of nature, Editor: Freeman, New York 1983.
- [2] B.B. Mandelbrot *Physica* 17 D (1983) 224.
- [3] R. Vache, T. Voignier, J. Pelous, E. Courtens, *Phys. Trev. B*, 37 (1988) 6500.
- [4] D. W. Schaefer, K.D. Keefer, *Phys. Rev. Lett.*, 56 (1986) 2199.
- [5] A. Beck, O. Gelsen, P. Wang, J. Fricke, *Rev. Phys. Appl. C*, 4 (1989) 203.
- [6] Editorial 1991, *Fractals and medicine*, *Lancet* 338 (1991) 1425.
- [7] T.R. Nelson, B.J. West, A.L. Goldberger, *The fractal lung*, *Experientia* 46 (1990) 251.
- [8] J. B. Bassinghtwaighe, J.H. Van Beck, R. B. King, *Fractal branchings*, *Ann NY Acad Sci* 591 (1990) 392.
- [9] B.H. Jansen, *Quantitative analysis of electroencephalograms: is there chaos in the future*. *Int. J. Biomed. Comput.* 28 (1991) 95.
- [10] A. L. Goldberger, *Fractal electrodynamics of the heartbeat*, *Ann NY Acad. Sci* 591 (1990) 402.
- [11] H.-O. Peitgen, H. Jurgens, D. Saupe, *Granice Chaosu. Fraktale*, Warszawa, PWN 1995.

WPŁYW RODZAJU PODŁOŻA NA PROCES NARASTANIA APATYTU W WARUNKACH IN VITRO

JAN CHŁOPEK, KRZYSZTOF HABERKO, BARBARA SZARANIEC
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI,
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA W KRAKOWIE

Streszczenie

W pracy dokonano oceny porównawczej wpływu rodzaju podłoża na proces narastania apatytu w sztucznym środowisku biologicznym. Badaniom pod-

THE INFLUENCE OF BASE TYPE ON THE GROWTH PROCESS OF APATITE IN „IN VITRO” CONDITIONS

JAN CHŁOPEK, KRZYSZTOF HABERKO, BARBARA SZARANIEC
FACULTY OF MATERIAL SCIENCE AND CERAMICS,
UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY, CRACOW

Abstract

The aim of this study was to estimate the influence of the base type on the apatite growth process in simulated body fluid (SBF). Hydroxyapatites of natu-