

pasmo IR przy ok.  $810\text{ cm}^{-1}$  przypisuje się drganiom zginającym wiązanie O - Si - O a pasm z maksimum przy ok.  $1078\text{ cm}^{-1}$  podobnie jak przy  $1250\text{ cm}^{-1}$  są słabe i rozmyte, podobnie jak w amorficznej krzemionce. Te same wnioski można wyciągnąć analizując widma IR pokazane na RYS.1B (a,b,c,d).

Amorficzny lub bardzo nisko krystaliczny charakter warstw krzemionkowych sprzyja ich dalszej, dobrej chemicznej reaktywności z emalią porcelanową dając wiązanie o dużej mechanicznej wytrzymałości. [3].

## Wnioski

Metoda zol-żel w połączeniu z techniką wynurzeniową stanowią sposób postępowania, w którym wytwarzanie amorficznych, przyczepnych warstw wstępnych na tytanie, umożliwia tworzenie się dobrych złączy w dentystycznych aparatach protetycznych. Powłoki wstępne mogą reagować z emalią porcelanową, poprawiając przyczepność warstwy ceramicznej do podkładu tytanowego, pozwalają uzyskać dobrą wytrzymałość mechaniczną wiązania metal-ceramika.

which favors formation of the joint between silica sublayer and porcelain enamel revealing good mechanical strength [3].

## Conclusions

The sol-gel method associated with the deep-coating technique are presenting procedure which by formation of amorphous, adhesive precoatings on titanium, enable preparation good joints in dental devices

Described precoatings can react with porcelain enamel, enhancing adhesion of the ceramic layer to the titanium support and resulting in the good mechanical strength.

## Piśmiennictwo

## References

- [1]. B. E. Yoldas, Ceramic Bulletin, 54, No3 (1975) 289
- [2]. A. Stoch, W. Lejda, A. Rakowska, "Silica xerogel multicomponent coatings on metal substrates", Metallurgy And Foundry Engineering 18, No 2 (1992) 233.
- [3]. H. Matraszek, PH Dissertation, Collegium Medicum-Jagiellonian Univ, Kraków 2002.

# REAKCJA TKANEK NA TWORZYWA AKRYLOWE W BADANIACH NA SZCZURACH SZCZEPU WISTAR

EWA SOBOLEWSKA  
ZAKŁAD PROTETYKI STOMATOLOGICZNEJ  
POMORSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W SZCZECINIE

## Streszczenie

*Wykonanie dobrej protezy jest uzależnione od dobrego materiału podstawowego. Współczesna protetyka stomatologiczna dysponuje szeroką gamą materiałów, które mogą być wykorzystane w rehabilitacji układu stomatognatycznego. Każdy materiał, który będzie miał kontakt ze środowiskiem jamy ustnej, musi być poddany serii badań biologicznych, chemicznych i fizycznych, aby wykluczyć jego szkodliwe działanie na organizm. Duża obecnie różnorodność tworzyw akrylowych skłoniła autorkę do podjęcia próby oceny najczęściej stosowanych w Zakładzie Protetyki Stomatologicznej PAM mas akrylowych. Ocena ta będzie pozwalała na wybranie tworzywa o najlepszych właściwościach fizyko-chemicznych.*

**Słowa kluczowe:** tworzywa akrylowe-reakcja tkankowa-porównanie wyników.

## Wprowadzenie

Współczesna protetyka stomatologiczna dysponuje szeroką gamą materiałów, które mogą być wykorzystane w trakcie rehabilitacji układu stomatognatycznego. Materiały te służą do: rekonstrukcji uszkodzonych twardych tkanek zębów, wykonania stałych i ruchomych uzupełnień prote-

# TISSUE REACTION TO ACRYLIC RESIN MATERIALS IN STUDIES CARRIED OUT ON WISTAR STRAIN RATS

EWA SOBOLEWSKA  
DEPARTMENT OF PROSTHETIC DENTISTRY  
POMERANIAN MEDICAL ACADEMY IN SZCZECIN

## Abstract

*The preparation of a good prosthetic denture depends on the use of a good base material. Present-day prosthetic dentistry has at its disposal a wide range of materials, which can be used in the rehabilitation of the stomatognathic system. Every material that will be in contact with the environment of the oral cavity must undergo a series of biological, chemical and physical tests, to exclude its damaging effect to the organism. A wide variety of acrylic materials actually accessible inclined the author to undertake an assessment of acrylic resin materials most often used in the Department of Prosthetic Dentistry of the Pomeranian Medical Academy. This assessment will allow selecting the material, which has the best physical and chemical properties.*

**Index words:** acrylic materials, tissue reaction, comparison of results.

## Introduction

Present day prosthetics has at its disposal a wide range of materials, which can be used in the rehabilitation of the stomatognathic system. These materials are used in the reconstruction of damaged tooth tissues, in preparation of



tycznych, czy też do odbudowy brakujących zębów lub fragmentów kości wyrostków zębodołowych za pomocą wszczepów [7,21]. Wykonanie dobrej protezy bez dobrego materiału podstawowego jest niemożliwe. Nieodpowiedni materiał podstawowy może wywołać w organizmie pacjenta groźne dla jego życia procesy chorobowe i zniweczyć najbardziej nawet racjonalne planowanie leczenia protezy. Tak więc wprowadzenie do jamy ustnej uzupełnień protezy oznacza dla organizmu krótko- lub długotrwały kontakt z obcymi materiałami. W następstwie tego tworzą się warunki do wystąpienia niezgodności między tzw. gospodarzem i zastosowanym materiałem protezy. Możliwości odrzucenia ciała obcego są różnorodnie od zmian organicznych do psychogennej nieakceptacji. Długotrwałe użytkowanie protez akrylowych może więc wywołać zmiany miejscowe, wynikające z kontaktu błony śluzowej jamy ustnej z płytą protezy, a czasem także zmiany ogólnoustrojowe. Wpływ tych materiałów na organizm uzależniony jest w większości przypadków od ilości pozostałego, niespolimeryzowanego wolnego monomeru [15, 16].

Mnogość i różnorodność tworzyw akrylowych dostępnych obecnie na rynku stwarza problem z racjonalnym ich wyborem, stosownie do zamierzonego klinicznie zadania. A zatem, czym się kierować przy wyborze materiału protezy, jaki materiał uznać za dobry? Najogólniej rzecz biorąc, przez dobry materiał podstawowy należy rozumieć przede wszystkim materiał nieszkodliwy, trwały w środowisku jamy ustnej, wytrzymały na działanie sił nacisku powstających przy żuciu, łatwy w obróbce, niezbyt drogi i estetyczny, czyli nieszkodzący pacjentowi. Każdy materiał, który będzie miał kontakt ze środowiskiem jamy ustnej, musi być poddany serii badań biologicznych, chemicznych i fizycznych, aby wykluczyć jego szkodliwe działanie na żywy organizm. Stosowanie nowych generacji tworzyw akrylowych do uzupełnień protezy wymaga skrupulatnej oceny działań niepożądanych miejscowych oraz ogólnych. Nietolerancja materiałów w stomatologii jest zjawiskiem coraz częściej pojawiającym się w praktyce klinicznej. Częste występowanie objawów stomatopatii protezy błony śluzowej jamy ustnej u pacjentów po wykonaniu uzupełnień protezy wymaga wyjaśnienia przyczyny tego stanu oraz rozwiązania problemu toksyczności poszczególnych materiałów stosowanych do wykonania płyt protezy; zwłaszcza, że tworzywo protezy w jamie ustnej narażone jest na działanie różnego typu substancji chemicznych w pokarmach, a także na drastyczne różnice temperatur (np. lody, gorąca kawa). W tym celu podjęto badania reakcji tkanek żywych na stosowane w protezyce stomatologicznej tworzywa akrylowe.

## Materiał i metodyka

W Zakładzie Protetyki Stomatologicznej PAM wykonano płytki z najczęściej stosowanych tworzyw akrylowych: Vertex R.S., Superacryl, szybkopolimeryzujący Vertex S.C. oraz akryl plastyfikowany Vertex Soft. Dodatkowo oceniano masę silikonową Molloplast B, którą dość powszechnie stosuje się przy wykonywaniu protez obturatorów. Materiał ten stanowił grupę porównawczą dla mas akrylowych. Proces polimeryzacji wymienionych tworzyw przeprowadzono ściśle według zaleceń producentów. Kontroli prawidłowości polimeryzacji dokonano posługując się analizą termodynamiczną poszczególnych płytek za pomocą aparatu DSC firmy Perkin-Elmer. Wykonano różnicową kalorymetrię skaningową i określono temperaturę zeszklenia dla poszczególnych tworzyw [14, 18, 27]. Badania reakcji tkankowej na najczęściej stosowane w protezyce stomatologicznej tworzywa akrylowe przeprowadzono na 60 białych szczurach szczepu Wistar, płci żeńskiej. Wszystkie zwierzęta podzielono na sześć grup, po 10 sztuk każda: I grup

fixed and removable prosthetic dentures and also in the reconstruction of missing teeth or bone fragments of the alveolar process by applying implants [7,21]. Preparation of a good prosthetic denture without a good base material is not possible. An inappropriate base material can cause harmful and serious processes in the patient's organism and complicate even the most rational prosthetic treatment planning. Placement of a prosthetic appliance in the oral cavity means that it is going to have a short or long contact with a foreign body. As a result conditions are created which allow for an incompatibility to occur between the host and the used material. There are various possibilities of rejecting a foreign body, ranging from organic changes to psychogenic unacceptance. Long time use of acrylic dentures can cause local changes as a result of contact between the mucosa and denture base, sometimes changes can also be systemic. The influence of these materials on the organism is in most cases dependent on the amount of residual, not polymerized, monomer.

The multitude and variety of available acrylic materials creates a problem with a rational choice appropriate to the clinical case. Therefore, what should be taken into account while choosing a prosthetic material and which material can be acknowledged as good? In general a good base material is a material, which is not harmful, is stable in the environment of the oral cavity, resistant to forces exerted on chewing, simple in processing, not expensive and esthetic. Every material that has contact with the oral cavity environment, has to go through a series of chemical, physical and biological tests, to rule out its harmful effect on the living organism. The use of new generation acrylic materials for preparation of prosthetic appliances needs a precise assessment of local and systemic undesirable effects that these materials can cause. Material intolerance in dentistry is a more frequent phenomenon in the clinical practice. Frequent occurrence of prosthetic stomatitis symptoms in oral mucosa of patients with prosthetic appliances needs an explanation of the cause of this condition and a solution to the problem of toxicity of materials used in the preparation of dentures; particularly that the material present in the oral cavity is exposed to different chemical substances from food and also to drastic temperature changes (e.g. ice-cream, hot coffee). Therefore examination of living tissue reaction to acrylic resin materials used in prosthetic dentistry was undertaken.

## Material and method

In the Department of Prosthetic Dentistry of the Pomeranian Medical Academy acrylic plates were prepared from the most often used acrylic materials: Vertex R.S., Superacryl, self-curing Vertex S.C. and pastified acrylic material Vertex Soft. Additionally a silicon material Molloplast B was assessed which is commonly used in the preparation of prosthetic obturators. This material was used as a comparative group. The process of polymerization was carried out precisely according to the producer's indications. Control of the polymerization process was carried out by a thermodynamic analysis of every specimen with the use of DSC apparatus (Perkin-Elmer). Differential scanning calorimetry was carried out and glass transition temperature was registered for all materials [14, 18, 27]. Tissue reaction to the most often used acrylic materials in prosthetic dentistry was examined on 60 white Wistar female rats. All animals were divided into six groups, 10 rats each: I - control group, II - Molloplast B acrylic plates (comparative group), III - Vertex Soft acrylic plates, IV - Vertex R.S. acrylic plates, V - Vertex S.C. acrylic plates, VI - Superacryl acrylic plates. Sterile acrylic plates were implanted in rats under general anaesthesia. The animals were observed for 6 weeks, weighted every 2 weeks.



pa-kontrolna, II grupa (porównawcza) - z płytkami z Molloplastu B, III grupa - z płytkami z Vertex Soft, IV grupa - z płytkami z Vertex R.S., V grupa - z płytkami z Vertex S.C., VI grupa - z płytkami z Superacrylu. Sterylne płytki wszczepiano szczurom w znieczuleniu ogólnym. Zwierzęta poddano obserwacji przez okres 6 tygodni, ważono co 2 tygodnie.

Po 6 tygodniach szczury usypiano eterem i dokonywano sekcji. Podczas narkozy otwierano klatkę piersiową szczura i pobierano krew z serca. Z próbek pobranej krwi wykonano morfologię krwi obwodowej i próby wątrobowe. Analizy tej dokonano, aby określić ewentualną ogólnoustrojową toksyczność tworzyw akrylowych. Podczas sekcji pobierano wycinki z tkanek otaczających wszczepioną płytkę, tj. z błony śluzowej policzka, ślinianki przyusznej po stronie wszczepionej płytki oraz węzłów chłonnych szyjnych. Następnie w Zakładzie Patomorfologii klinicznej WS PAM wykonano preparaty histologiczne, które oceniano w różnych powiększeniach w mikroskopie świetlnym.

## Wyniki

### Wyniki badań prawidłowości procesu polimeryzacji

Analizując uzyskane krzywe DSC (Differential Scanning Calorimetry) poliakrylanów, stwierdzono, że wszystkie badane poliakrylany wykazują temperatury zeszklenia w zakresie 76,51-125,79 C. Temperatura zeszklenia stanowi dla polimerów amorficznych granicę, powyżej której właściwości fizyczne i użytkowe termoplastów amorficznych ulegają znacznemu pogorszeniu. W odniesieniu do badanych akrylanów wartości jej leżą znacznie powyżej temperatur mogących występować w jamie ustnej. Z krzywych tych wynika również, że reakcje polimeryzacji przebiegły w pełni.

### Wyniki badań makro- i mikroskopowych błony śluzowej policzka, węzłów chłonnych szyjnych i ślinianki przyusznej

Węzły chłonne szyjne po wycięciu oceniano makroskopowo oraz ważono je (TABELA 1). Największy przerost węzłów chłonnych szyjnych stwierdzono w grupie V, tj. w grupie z płytkami z Vertex S.C. (średnia masa 133,3+26,6 mg), a najmniejszy w grupie VI z płytkami z Superacrylu (średnia masa 32,9+14,6 mg).

Grupa Group	Średnia Mean	SD Standard deviation	Minimum Minimum	Maksimum Maximum
I	70,0	51,5	11,0	188,0
II	75,8	31,9	33,0	132,0
III	74,0	79,6	30,0	290,0
IV	63,2	16,7	40,0	89,0
V	133,3	26,6	89,0	173,0
VI	32,9	14,6	19,0	62,0

SD-odchylenie standardowe/standard deviation

TABELA 1. Masa węzłów chłonnych szyjnych (w mg) w dniu sekcji

TABLE 1. The mass of cervical lymphatic nodes (in mg) at the moment of dissection

### Ocena preparatów histologicznych w mikroskopie świetlnym

#### Grupa I-kontrolna

Błona śluzowa policzka - w grupie kontrolnej nacinano błonę śluzową policzka i zakładano szew z nici samo rozpuszczalnych, aby wyeliminować reakcję tkanek na szycie. Na granicy skóry i błony śluzowej występuje strefa składająca się z małych histiocytoz, komórek limfoidalnych oraz nie-licznych neutrofilów.

After 6 weeks the rats were put to sleep using ether and dissected. While anaesthetized the rats chest was opened and blood was taken from the heart. From blood samples peripheral blood morphology and liver tests were carried out. This analysis was carried out to determine the eventual systemic toxicity of acrylic materials. During the dissection biopsy specimens were taken from tissues surrounding the implanted plates, buccal mucosa, parotid gland on the side of the implanted plate and lymphatic nodes. In the Department of Clinical Pathomorfology WS PAM histological specimen were prepared which were assessed in different light microscope magnifications.

## Results

### Results of the polymerization process properness.

Analyzing the obtained polyacrylics DSC (Differential Scanning Calorimetry) curves the glass transition temperature was found to be in the range of 76.51 to 125.79 C for all tested polyacrylics. The glass transition temperature is for the polyacrylics an amorphous limit, above which physical and usable characteristics considerably deteriorate. In reference to the tested acrylics the glass transition temperature values can be found much above the temperature values that are present in the oral cavity. The curves show that the process of polymerization was carried out completely.

### Macro- and microscopic tests results of the buccal mucosa, lymphatic nodes and parotid gland.

Cervical lymphatic nodes after excision were assessed macroscopically and weighed (TABLE 1). The greatest hypertrophy of the cervical lymphatic nodes was found in group V - Vertex S.C. plates (mean mass 133.3+26.6 mg), the lowest in group VI - Superacryl plates (mean mass 32.9+14.6 mg).

### A light microscope assessment of histological specimens.

#### Group I - control group

Buccal mucosa - in the control group the buccal mucosa was incised and absorbable surgical sutures were put in place as to eliminate tissue reaction. On the skin and mucosa border a zone was found consisting of small histiocytes, lymphoid cells and some neutrophils.

Cervical lymphatic nodes: histological specimens did not differ from human lymphatic nodes; the only difference was an increased number of lacunar histiocytes and expanded reproduction centers of lymphatic nodes.

#### Parotid gland: a serous gland.

#### Group II (comparative) - Molloplast B plates

In all animals around the implanted plate a layer of connective tissue and presence of many small histiocytes, fibroblasts and lymphoid cells was found. The layer developed around the plates had characteristic parallel layers of collagen fibers (FIG.1). Microscopic picture of the mucosa surrounding the implanted plate did not differ from each other. Purulent, exudative inflammatory reactions were not found. Microscopic pictures of cervical lymphatic nodes and parotid glands did not differ from the pictures in the control group.

#### Group III - Vertex Soft plates

Among 8 animals in the surrounding of the implanted plate a thin layer of connective tissue could be seen with some fibroblasts, with no presence of other cells, also without giant multinuclear cells, foreign body type. Collagen fibers formed layers parallel to each other (FIG.2). In rats 9 and 10 an inflammatory granuloma was found with giant multinuclear cells, foreign body type. Histological pictures of cervical lymphatic nodes and parotid glands in this group did not differ from the control group.



Węzeł chłonny szyjny: obraz histologiczny nie różni się w zasadzie od węzła chłonnego ludzkiego; jedyną różnicą jest zwiększona liczba zatokowych komórek histocytarnych i rozbudowane ośrodki rozmnażania grudek chłonnych.

Ślinianka przyuszna: ślinianka o obrazie gruczołu surowiczego.

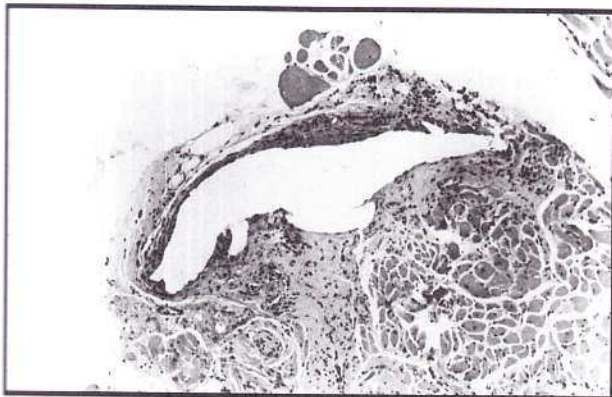
**Grupa II (porównawcza) z płytkami z Molloplastu B**

U wszystkich zwierząt stwierdzono w otoczeniu wszczepionej płytki warstwę tkanki łącznej i obecność licznych małych histiocytoów, fibroblastów i komórek limfoidalnych. Wytworzona wokoło płytek łącznotkankowa warstwa charakteryzowała się równoległymi pokładami włókien kolagenowych (RYS.1).

Obrazy mikroskopowe błony śluzowej w otoczeniu wszczepionej płytki w zasadzie nie różniły się od siebie. Nie stwierdzono ropnych, wysiękowych odczynów zapalnych. Obrazy mikroskopowe węzłów chłonnych szyjnych i ślinianek przyusznych nie różniły się od obrazów uzyskanych w grupie kontrolnej.

**Grupa III z płytkami z Vertex Soft**

U 8 zwierząt w otoczeniu płytki akrylowej widoczna była cienka warstwa tkanki łącznej z niezbyt licznymi fibroblastami, bez obecności innych komórek, w tym olbrzymich wielojądrowych typu ciała obcego. Włókna kolagenowe tworzyły warstwy do siebie równoległe (RYS.2). U szczurów nr 9 i 10 widoczne były ziarniniaki zapalne z komórkami olbrzymimi wielojądrowymi typu ciała obcego. Obrazy histologiczne węzłów chłonnych szyjnych i ślinianek w tej grupie nie różniły się od obrazów w grupie kontrolnej.



**RYS.2.** Pusta przestrzeń po wszczepionej płytce akrylowej z Vertex Soft (grupa III); w otoczeniu skąpe odczyny z komórek zapalnych i nieznaczne włóknienie; barwienie hematoksyliną i eozyną, pow.80x.

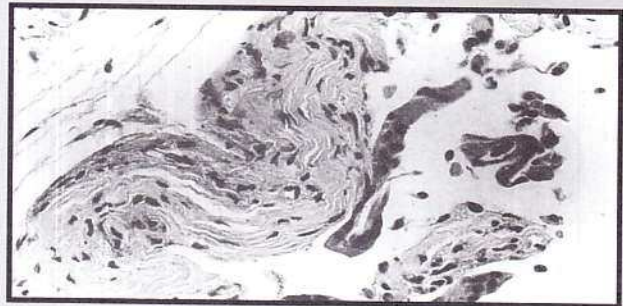
**FIG.2.** An empty space after implanted acrylic Vertex Soft plate (group III); surrounded by meagre reactions from inflammatory cells and slight fibrosis; staining with hematoxylin and eosin, magn.80x.

**Grupa IV z płytkami z Vertex R.S.**

U wszystkich badanych zwierząt tej grupy w otoczeniu wszczepionej płytki wytworzyła się rzekoma torebka z pokładami włókien kolagenowych, z wyraźnie zaznaczonym szkliwieniem i obecnością mało licznych grup fibroblastów oraz małych histocytów. Komórki olbrzymie wielojądrowe występowały w postaci pojedynczych egzemplarzy. Węzły chłonne szyjne i ślinianki nie wykazywały odchyień od obrazu grupy kontrolnej.

**Grupa V z płytkami z Vertex S.C.**

U 5 szczurów warstwa tkanki przylegająca do wszczepionej płytki akrylowej składała się z tkanki łącznej. Cienka warstwa komórkowa z małych histocytów oraz komórek limfoidalnych tworzyła bezpośrednią wyściółkę od strony wszczepionej płytki. W składzie komórkowym pojawiły się nie-



**RYS.1.** Miejsce po wszczepionej płytce z Molloplastu B (grupa II); w otoczeniu torebka rzekoma zbudowana z tkanki łącznej z nielicznymi komórkami limfoidalnymi, widać warstwowo ułożone włókna kolagenowe; barwienie hametoksyliną i eozyną; pow.200x.

**FIG.1.** Molloplast B (group II) implant plate locus; surrounded by a pseudocapsule built of connective tissue with a small amount of lymphoid cells; layered collagen fibres visible; staining with hematoxylin and eosin; magn.200x.

**Group IV - Vertex R.S. plates**

In all examined animals in this group in the surrounding of the implanted plate formed a pseudo capsule consisting of collagen fibers layers with clear hyalinization and the presence of small groups of fibroblasts and small histiocytes. There were observed single giant multinuclear cells. Cervical lymphatic nodes and parotid glands did not show deviation from the control group.

**Group V - Vertex S.C. plates**

In 5 rats the tissue layer adjacent to the implanted acrylic plate consisted of connective tissue. A thin small histiocyte and lymphoid cell layer formed an ependyma closest to the implanted plate. Among the cells some eosinocytes appeared. In 5 cases the microscopic picture showed many histiocytes, lymphoid cells, single neutrocytes and eosinocytes. Macroscopically in all rats appropriate lymphatic nodes were enlarged. Histologically a reactive proliferation of the lymphatic nodes with an enlargement of the lymphatic nodules was observed (FIG.3).

**Group VI - Superacryl plates**

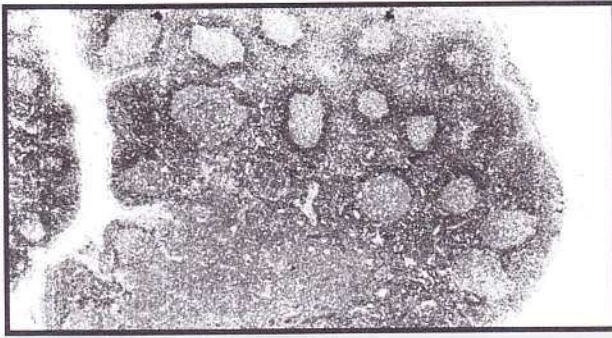
In 4 animals the microscopic picture showed slight fibrosis and the presence of some multinuclear cells, foreign body type and small histiocytes. In the surrounding of the acrylic plate in the 4 other animals a connective tissue psuedo capsule was formed in abundance with a small number of fibroblasts and small histiocytes. No giant multinuclear cells, foreign body type, were found. In rat number 5 relatively abundant fibrosis was observed with the formation of a connective tissue psuedo capsule and cells lying in one layer directly in contact with the implanted plate (FIG.4). Cervical lymphatic nodes and parotid glands did not differ in the microscopic picture from the control group specimens.

Histological pictures in all groups did not differ from the picture of the control group specimens. Only in rats with Vertex S.C. plates a reactive proliferation of the cervical lymphatic nodes occurred with an enlargement of the lymphatic nodules.

**Results of diagnostic examinations - blood analysis**

Blood analysis showed that no significant differences appeared between the corresponding groups of rats with implanted acrylic plates and the control group and comparative group.





**RYS.3. Grupa V z płytką Vertex S.C. - fragment węzła chłonnego, widać powiększone grudki chłonne; barwienie hematoksyliną i eozyną; pow.80x.**

**FIG.3. Group V Vertex S.C. plate - fragment of a lymphoid node, enlarged lymph nodules visible; staining with hematoxylin and eosin; magn.80x.**

liczne eozynofile. W 5 przypadkach w obrazie mikroskopowym widoczne były liczne histocyty, komórki limfoidalne, pojedyncze neutrofile i eozynofile. Makroskopowo u wszystkich szczurów odpowiednie węzły chłonne były powiększone. Histologicznie stwierdzono odczynowy rozrost węzłów chłonnych z powiększeniem grudek chłonnych (RYS.3).

#### Grupa VI z płytkami z Superacrylu

U 4 zwierząt w obrazie mikroskopowym stwierdzono nieznaczne zwłóknienie i obecność nielicznych komórek wielojądrowych typu ciała obcego oraz małych histocytów. W otoczeniu płytki akrylowej u pozostałych czterech zwierząt łącznotkankowa pseudotorebka była obficie wytworzona, z niewielką ilością fibroblastów i małych histocytów. Nie wykryto komórek olbrzymich wielojądrowych typu ciała obcego. U szczura nr 5 stwierdzono stosunkowo obfite włóknienie z wytworzeniem pseudotorebki łącznotkankowej i komórek ułożonych w jednej warstwie, bezpośrednio od strony wszczepionej płytki (RYS.4). Węzły chłonne szyjne i ślinianki przyuszne w obrazie mikroskopowym nie różniły się od obrazów grupy kontrolnej.

Obrazy histologiczne we wszystkich grupach w zasadzie nie różniły się od obrazu w grupie kontrolnej. Jedynie u szczurów z płytkami z Vertex S.C. wystąpił odczynowy przerost węzłów chłonnych szyjnych z powiększeniem grudek chłonnych.

#### Wyniki badań dodatkowych - analiza krwi

Z analizy krwi wynika, że nie wystąpiły istotne różnice pomiędzy grupami szczurów z wszczepionymi płytkami akrylowymi a grupą kontrolną i grupą porównawczą.

## Dyskusja

Do wykonania protez zębowych stosuje się liczne materiały o różnej budowie chemicznej, w tym także tworzywa akrylowe. W następstwie wprowadzenia protez tworzą się warunki do wystąpienia niezgodności między tzw. gospodarzem i zastosowanym materiałem protetycznym [1,6,7,9]. Przyczyny nietolerancji ciała obcego przez organizm są różnorodne i szeroko opisywane w piśmiennictwie [2,11,13,16,17,18,19,21,25]. Liczne badania wykazują, że u 20-70% pacjentów, którym założono ruchome protezy

## Discussion

In the preparation of dentures many materials with different chemical structures are used, among them also acrylic materials. After placing a denture in the oral cavity conditions are created which allow for an incompatibility to occur between the host and the used prosthetic material [1,6,7,10,17]. The reasons why the intolerance of the foreign body occurs are various and widely described in literature [2,13,15,20,21,22,23,24,26,30]. Many examinations showed that among 20-70% of patients, who have been using an acrylic base denture, changes in the mucosa appear which are connected with the use of these dentures (dental stomatitis). One of the exogenous factors predisposing to prosthetic stomatitis is toxicity of various substances contained in prosthetic materials [5,9,25,29]. The main irritating element is probably residual monomer which remains in the denture base after it's curing or is released from the acrylic material after the process of relining a denture with a self-curing material. Opinions concerning the harmful effect of monomer released from acrylic denture base after their polymerization differ. Some authors maintain that even small amounts of monomer can cause prosthetic stomatitis. Others say that the amount of residual monomer in the denture base is so small that it cannot cause changes in mucosa. Basing on studies carried out by E. Spiechowicz it can be confirmed that the whole residual monomer can be divided into two parts: the first, quite considerable part is washed out by water and saliva in a short time and the second, which in a small amount, remains inside the denture base even after curing and it is not possible to wash it out [4,5,9,19,21]. In literature widely is presented the toxic effect of residual monomer that is present in self-curing acrylic materials used for denture repairs and relining. The amount of residual monomer in these materials reaches up to 5% and in heat cured materials is around 1%. Therefore methylmethacrylate monomer in the concentration of 5% must be recognized as a toxic substance [4,5,19,21].

A large variety of acrylic materials inclined me to under-



**RYS.4. Pusta przestrzeń po płytce akrylowej z Superacrylu (grupa V) tworząca torbiel rzekomą; ściana torbieli zbudowana z tkanki łącznej; barwienie hematoksyliną i eozyną; pow.150x.**

**FIG.4. An empty space left after Superacryl acrylic plate (group V) creating a pseudocyst which was built of connective tissue; staining with hematoxylin and eosin; magn.150x.**

take an attempt of assessing the most often used acrylic materials in the Department of Prosthetic Dentistry of the Pomeranian Medical Academy. This assessment will allow choosing a material that has the best physical and chemical characteristics.

Biological tests of prosthetic materials are very often presented in literature [3,4,8]. However the most often assessed aspect was the effect of these materials on connective tissue of experimental animals. Bączkowski made an attempt in assessing some materials used in the preparation of bridges on the rat connective tissue [3]. An assessment of the effect of these materials on animal mu-

cosa has not been found in literature. Studies carried out by the author assessed mucosa, as oral cavity mucosa with its protective properties against toxic effects does not react the same as skin [9]. Vital tissue reactions to acrylic materials used in prosthetic dentistry were assessed. Carried out blood analysis and basic biochemical liver function tests allowed assessing eventual systemic toxicity of these materials. All examined materials did not give an inflammatory exudative type of reaction. The presence of some



akrylowe, występują zmiany w błonie śluzowej związane z użytkowaniem tych protez (stomatopatie protetyczne). Jednym z czynników egzogennych usposabiających do wystąpienia stomatopatii protetycznych jest toksyczność różnych substancji zawartych w materiale protetycznym [5,20,24]. Za główny element drażniący uważany jest wolny monomer, pozostały w płycie protezy po jej polimeryzacji lub wydzielający się z ciast akrylowego podczas podświetlania protez szyb kopolimerem. Zdania na temat szkodliwego oddziaływania monomeru uwalnianego się z płyt protez akrylowych po ich polimeryzacji są podzielone. Jedni autorzy uważają, że nawet niewielkie jego ilości mogą stać się przyczyną stomatopatii protetycznych. Inni nie podtrzymują tego poglądu, uważając, że wolnego monomeru jest w płycie akrylowej zbyt mało, aby mógł stać się przyczyną zmian w błonie śluzowej. Na podstawie badań E. Spiechowicza można potwierdzić pogląd, że cały wolny monomer może być podzielony na dwie części: pierwszą, dość znaczną, która zostaje wypłukana przez wodę i ślinę w stosunkowo krótkim czasie, i drugą, która w małej ilości pozostaje wewnątrz protezy nawet po długotrwałej polimeryzacji i jest niemożliwa do wypłukania [4,5,15,16]. Szeroko przedstawiane jest w piśmiennictwie toksyczne działanie wolnego monomeru znajdującego się w szybkopolimeryzującej masie akrylowej używanej do napraw i podścielenia protez. Zawartość wolnego monomeru w tych tworzywach sięga 5%, a w tworzywach polimeryzowanych na gorąco około 1%. Tak więc monomer metakrylanu metylu w stężeniu około 5% musi być uznany za substancję toksyczną [4,5,15,16].

Duża obecnie różnorodność tworzyw akrylowych skłoniła mnie do podjęcia próby oceny najczęściej stosowanych w Zakładzie Protetyki Stomatologicznej PAM mas akrylowych. Ocena ta będzie pozwalała na wybranie tworzywa o najlepszych właściwościach fizyko-chemicznych.

W piśmiennictwie niejednokrotnie przedstawione są opisy badań biologicznych materiałów protetycznych [3,4,8]. Jednak najczęściej oceniano wpływ tych materiałów na tkankę łączną zwierząt doświadczalnych. Bączkowski podjął próbę oceny niektórych materiałów używanych do wykonania mostów na tkankę łączną szczura [3]. Nigdzie jednak nie znaleziono opisu oceny wpływu materiałów na błonę śluzową zwierząt. Badania własne przeprowadzono oceniając błonę śluzową, gdyż błona śluzowa jamy ustnej w swym działaniu ochronnym przeciw wpływają toksycznym nie reaguje w taki sam sposób, jak skóra. Oceniano reakcję tkanek żywych na stosowane w protetyce tworzywa akrylowe. Przeprowadzając analizę krwi oraz podstawowe badania biochemiczne czynności wątroby, oceniano również ewentualną ogólnoustrojową toksyczność tych tworzyw. W przypadkach wszystkich badanych tworzyw nie stwierdzono reakcji zapalnych typu wysiękowego. Nieliczne neutrofile mogły wyrażać nawet stan fizjologiczny. W zamierzonym planie doświadczenia nie usypiano zwierząt w krótkim okresie po wszczepieniu płytek. Być może w tym czasie reakcje mogły mieć charakter wysiękowych zapalnych; po sześciu tygodniach trwania doświadczenia obrazy mikroskopowe wykazały, że chodzi w zasadzie o ograniczoną reakcję mezenchymalną, chociaż stopień jej nasilenia nie był jednakowy dla wszystkich badanych grup. Stan zapalny występujący w przypadku wszystkich badanych tworzyw charakteryzował się umiarkowaną liczbą komórek obrzymych wielojądrowych oraz komórek limfoidalnych i nielicznych neutrofilów. Fibroblasty tworzyły wyraźną pseudotorebkę włóknistą wokół zewnętrznej granicy wszczepionej płytki. Jedynie w grupie szczurów z płytkami z szyb kopolimeru Vertex S.C. powstały odczyn tkanki mezenchymalnej był znacznie większy. W pięciu przypadkach wykazano w składzie komórkowym nieliczne eozynofile. Stwierdzenie eozynofili można w pewnym stopniu wiązać z alergizującymi właściwościami Vertexu S.C. Na uwagę zasłu-

neutrocytes can even be considered as physiological. In the planned method of examination the animals were not put to sleep shortly after the acrylic plates were implanted. It is possible that during this time the reactions could have been inflammatory and exudative; after six weeks of the experiment the microscopic picture showed a limited mesenchymatic reaction, although its intensification was not the same in all groups. The inflammation occurring in the case of all examined materials was characterized by a moderate number of giant multinuclear cells, lymphoid cells and some neutrocytes. Fibroblasts formed a fibrous pseudo capsule around the external border of the implanted plate. Only in the group of rats with Vertex S.C. self-curing acrylic plates implanted mesenchymal tissue reaction was considerable. In five cases there were some eosinocytes found. Eosinophilia can be linked with allergenic properties of Vertex S.C.. It has to be noticed that in group VI - Superacryl plates, in seven cases clumped mesenchymal cells could be seen forming a compressed layer isolating the acrylic plate (FIG.4). Isolation of foreign bodies by phagocytes is a common and a well-known phenomenon in pathology. It is a local reaction advantageous to the organism and that's how this reaction should be assessed in this experiment.

Histological specimens of cervical lymphatic nodes did not differ from specimens in the control group. Only in Vertex S.C. plates group in all cases there was a reactive hypertrophy of lymphatic nodes with an enlargement of the nodules (FIG.3). This shows the harmfulness of self-curing materials caused by the presence of a large amount of residual monomer. Among rats with Superacryl plates the lowest number of histocytes and fibroblasts was found. So the oldest of the examined materials - Superacryl - gave the smallest inflammatory reaction after six weeks.

Many reports have shown evidence that the parotid gland gives a rapid response to chemical substance intoxication. Clinical symptoms of intoxication are often salivation disorders [12]. That is the reason why in this study the morphological picture of the parotid gland was assessed after six weeks from implantation of the acrylic plates. Histological pictures of the glands in all examined groups did not differ from the picture in the control group. This shows that the substances contained in the studied materials did not give an evident morphological harmful effect on the parotid glands.

Basing on rat blood analysis results toxic effect of methylmethacrylate of the studied materials was not found. This fact in literature is interpreted in two ways: methylmethacrylate after entering the organism is degraded in the small intestines or the blood to a less toxic substance, metacrylic acid, soluble in water, which can be quickly metabolized in the liver or excreted with urine, the second theory says that the amount of methylmethacrylate entering the organism is so small that it does not give visible pathological changes [4,5,19,21], in case of an improperly carried out polymerization process the residual monomer is released from the denture in the oral cavity. Important factors in removing this substance are duration and conditions of polymerization of acrylic material. It was found that the polymerization cycle of acrylic material in 70 C for 7 hours with a final boiling gives a maximum binding of the monomer. Short time polymerization is not indicated because in its effect larger amounts of residual monomer are produced (18%, 46%) [19,25,30]. That is why studied acrylic plates were polymerized strictly according to the producer's indications. The properness of polymerization was tested by a thermodynamic analysis of the acrylics. Basing on this analysis it was found that the polymerization process of the acrylic plates was totally complete. This analysis also allowed determining the glass transition temperature of the particular material (this is the temperature above which all polymer characteristics undergo deterioration: mechanical, thermal, electric) [14,18,27]. The lowest glass transition tempera-



guje fakt, że w grupie VI z płytkami z Superacrylu w siedmiu przypadkach uwidocznione były bryłowate komórki mezenchymalne tworzące ścisłą warstwę izolującą akryl (RYS.4). izolowanie ciał obcych przez komórki fagocytarne jest zjawiskiem powszechnie występującym i dobrze znany w patologii. Jest to reakcja miejscowa, korzystna dla organizmu i za taką należy ją uważać w przeprowadzonym doświadczeniu.

Preparaty histologiczne z węzłów chłonnych szyjnych nie różniły się od preparatów grupy kontrolnej. Jedynie w grupie z płytkami z Vertex S.C. we wszystkich przypadkach wystąpił odczynowy przerost węzłów z powiększeniem grudek chłonnych (RYS.3). Może to świadczyć o szkodziwości materiałów szybkopolimeryzujących, wynikającej z dużej zawartości w nich resztkowego monomeru. Natomiast u szczurów z płytkami z Superacrylu stwierdzono w tkance łącznej najmniejszą ilość histiocytów i fibroblastów. Tak więc najstarsze z badanych tworzyw-Superacryl- spowodowało po 6 tygodniach powstanie najmniejszego odczynu zapalnego.

Liczne doniesienia świadczą o tym, że ślinianka przyuszna żywo reaguje na zatrucie substancjami chemicznymi. Klinicznym tego wyrazem są występujące nierzadko zaburzenia wydzielania śliny w przypadku różnych zatruc [10]. Dlatego też w niniejszej pracy oceniano morfologiczny obraz ślinianki przyusznej po 6 tygodniach od wszczęcia płytek akrylowych. Obrazy histologiczne ślinianek przyusznych we wszystkich badanych grupach nie różniły się od obrazu w grupie kontrolnej. Oznacza to, że substancje zawarte we wszystkich badanych tworzywach nie wywarły morfologicznie uchwytne, szkodliwego wpływu na ślinianki przyuszne.

Nie stwierdzono na podstawie wyników analizy krwi szczurów, toksycznego działania metakrylanu metylu poszczególnych badanych tworzyw. Fakt ten w literaturze tłumaczony jest dwojako, albo tym, że metakrylan metylu po dostaniu się do organizmu ulega szybkiej degradacji w ścianie jelita lub we krwi do mniej toksycznego, dobrze rozpuszczalnego w wodzie kwasu metakrylowego, który następnie może być szybko metabolizowany w wątrobie lub wydalany z moczem, albo też, ilość wnikającego do organizmu metakrylanu metylu jest tak nie wielka, że nie powoduje widocznych zmian patologicznych [4,5,15,16]. W przypadku źle przeprowadzonej polimeryzacji, w jamie ustnej dochodzi do uwalniania monomeru resztkowego z protezy. Istotną rolę w usuwaniu tego związku odgrywa czas i warunki polimeryzacji tworzywa akrylowego. Wykazano, że cykl polimeryzacji akrylu, trwający 7 godzin przy 70 C i końcowym zagotowaniu go, daje maksymalne związanie monomeru. Polimeryzacja krótkoczasowa jest nie wskazana, gdyż w jej wyniku powstają wyraźnie większe ilości monomeru resztkowego (18%,46%) [15,20,25]. Dlatego też płytki z badanych akrylanów spolimeryzowano ściśle według zaleceń producentów. Prawdopodobnie polimeryzacji badano poddając akrylany analizie termodynamicznej. Na jej podstawie stwierdzono, że polimeryzacja badanych płytek przebiegała w pełni. Analiza ta pozwoliła również określić temperaturę zeszklenia poszczególnych tworzyw (tj. temperaturę, powyżej której ulegają wyraźnemu pogorszeniu wszystkie właściwości polimeru: mechaniczne, cieplne, elektryczne) [12,14,22]. Najniższą temperaturę zeszklenia osiągnęła Vertex Soft (76,51C), a najwyższą odporność termiczną charakteryzował się Superacryl (125,79C).

W swoich badaniach przeprowadzono analizę porównawczą oddziaływania prawidłowo spolimeryzowanych tworzyw akrylowych na otaczające tkanki. Porównując badane akrylany, wykazano, że najmniej szkodliwy wpływ na otaczającą błonę śluzową wywarł Superacryl, natomiast Vertex S.C. spowodował nawet odczynowy przerost węzłów chłonnych. Podsumowując dane z literatury i wyniki własnych badań, można stwierdzić, że ujemne oddziały-

ture was achieved for Vertex Soft (76.51 C), and the highest thermal resistance was shown by Superacryl (125.79 C).

In my study a comparative analysis was carried out on the effect of properly polymerized acrylic materials on the surrounding tissues. Comparing the studied acrylics it was found that Superacryl exerted the least damaging effects, whereas Vertex S.C. induced a reactive hypertrophy of lymphatic nodes. Summing up data from literature and this studies results it can be stated that a negative effect of acrylic material on the mucosa occurs often and has a different intensity depending on the type of material and individual tolerance. The results of these effects can be considerably limited or in some cases totally eliminated by using appropriate acrylic materials, proper technology and complying with the producer's indications.

## Conclusions

1. Proper polymerization of studied acrylic materials does not protect the mucosa from an inflammatory reaction.
2. The studied materials after six weeks from implantation in the rat buccal mucosa cause a local reaction in the form of connective tissue encapsulation and signs of phagocytosis.
3. Self-curing material Vertex S.C causes the most intense changes in the mucosa and a reactive hypertrophy of the cervical lymphatic nodes.

## Piśmiennictwo

## References

- [1] Ali A. et al.: The burning mouth sensation related to the wearing of acrylic dentures: an investigation Br. Dent. J. 1986, 161, 444.
- [2] Basker R. M. et. al.: Patients with burning mouth. A clinical investigation of causative factors, including the climacteric and diabetes. Br. Dent. J. 1978, 145, 9.
- [3] Bączkowski T.: Oddziaływanie niektórych materiałów używanych do wykonania mostów na tkankę łączną szczura ( badania histologiczne ). Protet.Stom. 1979, 29, 4, 275.
- [4] Bereznowski Z.: Degradacja metakrylanu metylu w tkankach zwierzęcych i ludzkich. Protet Stom. 1992, 42, 6, 197.
- [5] Bereznowski Z., Kozłowska M.: Uwalnianie metakrylanu metylu zawartego w akrylowych protezach zębowych i jego cytotoksyczność. Protet.Stom. 1996, 46, 2, 69.
- [6] Chirila T.V. et. al.: Laser-induced damage to transparent polymers: chemical effect of short-pulsed ( Q-switched) Nd: YAG laser radiation on ophthalmic acrylic biomaterials. Biomaterials, 1990, 11, 7, 305.
- [7] Edgerton M. et. al.: Biocompatibility-its future in prosthodontic research. J. Prosthet. Dent. 1993, 69, 4.
- [8] Gordon C.J., Fogelson L.: Meatabolic and thermoregulatory responses of the rat maintained in acrylic or wire-screen cages: Implications for pharmacological studies. Physiol. Behav. 1994, 56, 1, 73.
- [9] Hensten-Pettersen A., Jacobsen N.: Perceived side effects of biomaterials in prosthetic dentistry. J. Prosthet. Dent. 1991, 65, 138.
- [10] Jarzynka W.: metabolizm gruczołów przyusznych szczurów białych narażonych na przewlekłe działanie alkoholu etylowego. PAM, Szczecin 1974.
- [11] Kaaber S. et. al.: Skin sensitivity to denture base materials in the burning mouth syndrome. Contact Dermatitis, 1979, 5, 90.
- [12] Kaiserberger E. et. al.: TA for Polymer Engineering: DSC, TG, DMA, TMA Netzsch-Geratenbau GmbH 1994.
- [13] Lange C.P. et. al.: Przyczynę do etiologii stomatopatii protezycznych. Protet. Stom. 1983, 3, 179.
- [14] Przygodzki W.: Metody fizyczne badań polimerów. PWN. Warszawa 1990.
- [15] Sobaniec H. et. al.: Stężenie wolnego monomeru w wybranych tworzywach akrylowych. Protet. Stom. 1996, 46, 5, 302.
- [16] Spiechowicz E.: Badania nad zawartością wolnego monomeru w tworzywie akrylowym. Protet. Stom. 1971, 21, 3, 183.
- [17] Spiechowicz E., Meisel-Mikołajczyk F.: Mikroflora jamy ustnej pacjentów ze stomatopatiami protezycznymi. Protet. Stom. 1978,



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.

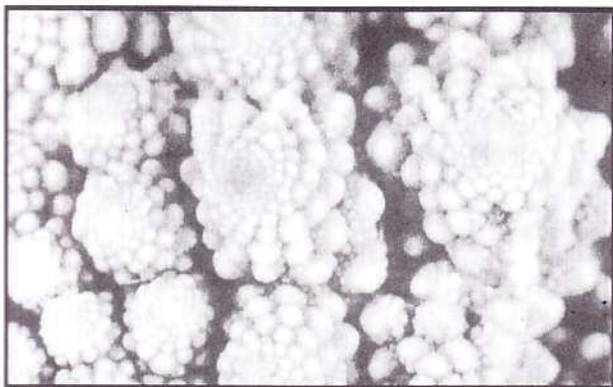
## STRUKTURY FRAKTALNE W MEDYCYNIE

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-