

ADRIANNA JANUSZEWSKA-OPALSKA¹, DANUTA NOWAKOWSKA²

Możliwości zmniejszenia toksycznego wpływu metakrylanu metylu na pacjentów użytkujących akrylowe protezy stomatologiczne oraz w ekspozycji zawodowej zespołu lekarz/asysta/technik

Potential for Minimization of Toxic Influence of Methyl Methacrylate on Patients Using Acrylic Resin Dentures and on Professional Exposure of the Dental Team Dentist/Assistant/Technician

¹ Rezydentka w Katedrze Protetyki Stomatologicznej AM we Wrocławiu

² Zakład Materiałoznawstwa Katedry Protetyki Stomatologicznej AM we Wrocławiu

Streszczenie

Na podstawie aktualnego piśmiennictwa przedstawiono potencjalne zagrożenia wynikające z wpływu metakrylanu metylu (MM) na pacjentów użytkujących akrylowe uzupełnienia protetyczne oraz na personel gabinetu stomatologicznego i laboratorium. Omówiono właściwości i metody przetwarzania tworzyw akrylowych stosowanych w protetyce stomatologicznej. Przedstawiono zabiegi, podczas których pacjent i personel kliniczny jest bezpośrednio narażony na szkodliwe termiczno-toksyczne i alergizujące działanie MM, np. podczas podścielania płyt protez, wykonywania koron i mostów ochronnych lub indywidualizacji szyn okluzyjnych. Zwrócono uwagę na narażenie techników dentystycznych, którzy są poddawani codziennej ekspozycji na MM w czasie wykonywania i napraw protez dentystycznych. Zaakcentowano możliwości zmniejszania narażenia pacjenta na monomer resztkowy oraz zmniejszenia ekspozycji zawodowej zespołu lekarz/asysta/technik na ten związek, co można osiągnąć między innymi przez poprawę warunków pracy, stosowanie środków ochronnych, zapewnienie dobrej wentylacji zarówno w gabinecie, jak i pracowni protetycznej, a zwłaszcza przez stosowanie zamkniętych systemów polimeryzacji metakrylanu metylu oraz tworzyw alternatywnych (**Dent. Med. Probl. 2008, 45, 1, 59–64**).

Słowa kluczowe: metakrylan metylu, monomer resztkowy, toksyczność.

Abstract

The aim of this article is to present, on the basis of existing literature, the influence of methyl methacrylate (MMA) on patients using acrylic resin dentures and on dental team in dental practice and laboratory. The properties of polymers containing MMA as well as their use in prosthetics and processing methods are shortly presented. Further, the possible reduction of the risk of MMA harmful effects on patients, dentists, assistants and technicians are discussed and procedures minimizing the MMA harmful impact on patients are proposed. The study highlights the influence of residual monomer on patients incurred with the use of acrylic resin dentures. Furthermore, the procedures directly exposing the patient to harmful thermo-toxic effects of MMA monomer e.g. denture relining and temporary crowns and bridges and individualization of occlusal splints are described. The attention was paid to the daily exposure of technicians to MMA during preparation of the acrylic resin dentures and repair procedures. The general rules of proper use of the acrylic resin in clinical and laboratory conditions as well as potential for exposure minimization of the dental team dentist/assistant/technician to MMA were discussed. This can be achieved through the improvement of professional working conditions and use of protection devices, ensuring good ventilation in dental practice and the prosthetic laboratory and application a news systems of polymerization of methyl mathacrylate and alternative materials (**Dent. Med. Probl. 2008, 45, 1, 59–64**).

Key words: methyl methacrylate, residual monomer, toxicity.

Tworzywa zawierające metakrylan metylu (MM) mają bardzo szerokie zastosowanie w stomatologii, a zwłaszcza w protetyce stomatologicznej. Służą głównie do wykonywania różnego typu protez ruchomych i stałych oraz są używane podczas wielu zabiegów klinicznych, np. podścielania protez, wykonywania koron i mostów tymczasowych lub indywidualnych szyn okluzyjnych. Tradycyjne tworzywo akrylowe powstaje w wyniku reakcji między proszkiem a płynem. Proszek składa się głównie z poli (metakrylanu) metylu, organicznego nadtlenu jako inicjatora (zwykle jest to nadtlenek benzoilu), nieorganicznych barwników, kopolimerów i plastyfikatorów. Może też zawierać inne składniki, np. dwutlenek tytanu regulujący przezierność żywicy i suche włókna syntetyczne. Płyn, który jest bardzo lotny, to głównie monomer metakrylanu metylu, z dodatkiem hydrochinonu jako inhibitora, dimetyloakrylan glikolu (GDMA) i amina organiczna jako akcelerator. Proces polimeryzacji może być zainicjowany pod wpływem temperatury (ok. 74°C), która aktywuje inicjator (nadtlenek benzoilu) lub aminy organicznej, która powoduje rozkład nadtlenu benzoilu. Istnieją zatem dwie główne drogi konwersji metakrylanu metylu w polimetakrylan metylu i dlatego mówi się o tworzywach polimeryzowanych termicznie i chemicznie [1, 2]. W wyniku procesu polimeryzacji dochodzi do przemiany niskocząsteczkowego metakrylanu metylu w usieciowany polimer – polimetakrylan metylu z pozostaniem jednak niewielkich ilości tzw. monomeru resztkowego [3–18]. Akrylany polimeryzowane w temperaturze pokojowej zawierają większą ilość resztkowego monomeru w porównaniu z akrylanami polimeryzowanymi termicznie. Może to też wynikać z nieprawidłowego postępowania z tworzywem. Monomer obarcza się odpowiedzialnością za reakcje toksyczne i alergiczne zarówno u pacjentów, jak i u zespołu lekarz/asysta/technik.

Możliwości zmniejszenia wpływu monomeru resztkowego na pacjenta

Biologiczna zgodność tworzyw akrylowych jest dyskutowana od dłuższego czasu. Dla pacjenta istotna jest ilość monomeru resztkowego uwalnianego z protez dentystrycznych do śliny, a zatem do przewodu pokarmowego. Analiza danych wykazała, że zawartość monomeru resztkowego w ślinie zależy od typu procesu polimeryzacji (czasu i temperatury) oraz rodzaju użytego tworzywa. Techniki zmniejszenia zawartości tego związku w nowo wykonanych protezach powinny

być więc brane pod uwagę przez stomatologów i techników dentystrycznych.

Rodzaje i sposób polimeryzacji stosowanego tworzywa wpływają na końcową ilość wolnego monomeru w spolimeryzowanym tworzywie. Norma ISO 1567 zakłada górną granicę 2,2% wagowo zawartości wolnego monomeru w tworzywie spolimeryzowanym metodą termiczną, a dla szybko-polimerów polimeryzowanych w temperaturze pokojowej wynosi 4,5% [2]. Z doświadczeń przeprowadzonych przez Bregułę et al. [3], w których były porównane trzy tworzywa akrylowe: Superacryl Plus, Duracryl, Palaxpress wynika, że największą ilość monomeru resztkowego zawiera szybko-polimer Duracryl. Autorzy otrzymali następujące wyniki: najmniej wolnego monomeru było w próbkach wykonanych z Superacrylu Plus (średnio 0,88%), z Palaxpressu (2,29%), a dla Duracrylu uzyskano wynik 5,37% [3]. W badaniach Spiechowicza [4] nie stwierdzono zależności ilości wolnego monomeru od jego ilości początkowej. Na stopniowe zmniejszanie jego procentowej zawartości główny wpływ ma czas wiązania tworzywa. Wyniki uzyskane przez Spiechowicza dowodzą celowości stosowania przedłużonej polimeryzacji.

Wysoki poziom monomeru resztkowego może spowodować niepożądane reakcje błony śluzowej jamy ustnej. W badaniach Baskera et al. [5] wykryto, że monomer MM wymywany przez ślinę jest wykrywany przez ponad tydzień po wprowadzeniu do jamy ustnej protezy wykonanej z samopolimeryzującej żywicy akrylowej, osiągając maksimum stężenia 45 mg/ml w ślinie lub 180 mg/ml w powłoce śliny na wewnętrznej powierzchni płyt protez. Po polimeryzacji termicznej w temp. 70°C przez 1 godzinę wykryto 3,6 mg/ml MM w ślinie, polimeryzacja natomiast w tej samej temperaturze przez 3 godziny lub więcej sprawiła, że w badaniu nie zdołano wykryć monomeru uwolnionego z płyty protezy [5]. Z badań przeprowadzonych przez Austina i Baskera [6] wynika, że poziom monomeru resztkowego w próbkach poddanych krótkiemu cyklowi polimeryzacji był od 3 do 7 razy wyższy niż w próbkach poddanych długiemu cyklowi polimeryzacji. Autorzy zalecają więc stosowanie wydłużonego cyklu polimeryzacji, np. 7 godz. w 70°C lub 3 godz. w 100°C [6]. Monomer MM nie został wykryty we krwi i moczu po wprowadzeniu do jamy ustnej protez wykonanych z żywicy akrylowej polimeryzowanej termicznie i chemicznie, co zostało potwierdzone w badaniach na zwierzętach, które wykazały, że monomer MM w surowicy był szybko metabolizowany [7]. Według danych Tsuchiya et al. [8] zmniejszenie zawartości monomeru MM przed oddaniem protez osiąga się przez ich umieszczenie

w wodzie na co najmniej 24 godziny lub w ciepłej wodzie, o temperaturze 50°C, na co najmniej 1 godzinę. Może to zmniejszać resztkowy MM do 75% lub więcej, zwłaszcza gdy żywice samopolimeryzujące są użyte zarówno do podścielania, jak i jako materiał podstawowy protezy. Dimetakrylany polimeryzowane światłem UV w przeznaczonym do tego urządzeniu są wykorzystywane do naprawy protez wykonanych z różnych rodzajów akrylanów. Podczas polimeryzacji za pomocą światła uzyskuje się dużą siłę wiązania akrylanów z dimetakrylanami i nie dochodzi wówczas do uwalniania ciepła. Światło UV zmniejsza poziom wolnego MM [8]. Akryl polimeryzowany na gorąco wydziela mniej monomeru resztkowego niż akryl polimeryzowany światłem czy polimeryzowany chemicznie. Baker i wsp. [9] stwierdzili, że zanurzenie protezy w wodzie przez 3 dni było konieczne do zmniejszania cytotoxyczności monomeru. Zmniejszenie zawartości resztkowego monomeru po zanurzeniu w wodzie było związane raczej z wyłączeniem dostępu tlenu, co hamowało polimeryzację.

Duże znaczenie dla wyjaśnienia mechanizmu toksycznego działania MM na hodowle komórkowe oraz narządy wewnętrzne organizmów zwierzęcych i ludzi mają prace Berezowskiego i wsp. [10–13]. Doświadczenia Berezowskiego i Kozłowskiej [10] wykazały wpływ MM na żywotność komórek grasicy. Zmniejszenie żywotności tymocytów oraz uwalnianie się z nich enzymów, w tym LDH (dehydrogenaza mleczanowa), oraz zmniejszenie stężenia ATP prowadzą do śmierci komórki. Toksyczne oddziaływanie MM na tymocyty stwierdzono już przy stężeniach, które mogą występować w jamie ustnej pacjentów użytkujących protezy akrylowe [10]. Obserwacje tych autorów dokonane *in vitro* dowodzą, że mitochondria są docelowymi organellami komórkowymi dla MM pojawiającego się w płynach ustrojowych. W błonach mitochondrialnych dochodzi do zmian typu deformacji i rozerwania, a objętość mitochondriów wzrasta 3–4-krotnie. MM działa rozprzegając oksydacyjną fosforylację, blokuje transport elektronów oraz dezorganizuje strukturę mitochondrialną. Efektem *in vitro* jest uniemożliwienie przez MM syntezy ATP, co prowadzi do śmierci komórki. Obserwacje w warunkach *in vivo* sugerują natomiast, iż mitochondria nie są głównym miejscem działania MM. W warunkach *in vivo* monomer resztkowy jest znacznie mniej toksyczny niż wynikałoby to z badań przeprowadzonych *in vitro* [11].

Według Berezowskiego [12] brak ogólnych skutków toksycznego działania MM na organizm ludzki może wynikać z dość małej dawki MM przedostającego się do organizmu lub szybkiej de-

gradacji tego związku do substancji obojętnych. W wyniku hydrolizy MM powstaje nietoksyczny kwas metakrylowy, który nie uszkadza ani struktury, ani funkcji mitochondriów. Chociaż nie ma ogólnych objawów toksycznego działania monomeru MM uwalniającego się z tworzywa akrylowego lub związanych z wdychaniem par lotnego związku przez techników dentystrycznych i lekarzy stomatologów, to zagrożenie toksycznym działaniem MM stale istnieje. Może ono być związane z niesprawnością enzymów katalizujących reakcję hydrolizy metakrylanu metylu lub niewydolnością wątroby w usuwaniu kwasu metakrylowego z surowicy krwi, co powoduje wzrost stężenia metakrylanu metylu we krwi [12, 13]. Wyniki badań Berezowskiego [13] wskazują ponadto, że MM pod wpływem niespecyficznego karboksylolizy ulega enzymatycznej hydrolizie do nietoksycznego kwasu metakrylowego i kwas ten jest szybko wychwytywany przez narządy wewnętrzne, głównie przez wątrobę, gdzie następuje jego dalsza degradacja do wody i dwutlenku węgla. Zmniejszenie aktywności tego enzymu może jednak nastąpić w wyniku interakcji z lekami lub różnymi toksycznymi związkami.

W związku z powyższym dla pacjenta, jak i zespołu lekarz/asysta szczególnie jest ważne właściwe postępowanie podczas zabiegów klinicznych przeprowadzanych bezpośrednio w jamie ustnej, np. podczas podścielania protez, indywidualizacji szyn zgryzowych i wykonywania koron i mostów tymczasowych. Podczas podścielania protez metodą bezpośrednią wydziela się duża ilość wolnego monomeru, który drażni błonę śluzową, powodując jej termiczno-toksyczne uszkodzenia, które trudno się goją. Kiedy ciasto akrylowe przestaje być plastyczne, protezę należy wyjąć z jamy ustnej i dalszą polimeryzację przeprowadzić pod ciepłą bieżącą wodą, która częściowo wymyje resztkowy monomer. Pacjent powinien być poinformowany, aby przez kilka kolejnych nocy przetrzymywał protezę w wodzie [8]. Indywidualizacja szyn zgryzowych wytłoczonych z tworzyw termoplastycznych metodą ciśnieniową za pomocą tworzywa szybko polimeryzującego także wymaga przeprowadzenia końcowej polimeryzacji poza jamą ustną pacjenta. Wykorzystanie do tego ciepłej bieżącej wody chroni tkanki miękkie przed toksycznym działaniem wolnego monomeru. Podobnie należy postępować podczas wykonywania tymczasowych protez stałych, a oszlifowane zęby należy izolować wazeliną w celu ochrony miazgi przed bodźcami termicznymi i toksycznymi.

Podczas stosowania tworzyw szybko polimeryzujących w jamie ustnej należy liczyć się z możliwością wystąpienia u pacjentów, zwłaszcza cho-

rych na astmę, ataku duszności. Ważny jest więc dobrze przeprowadzony wywiad w kierunku chorób alergicznych. Szczególnie u tych pacjentów zaleca się stosowanie samopolimerów w zamkniętych nabojach z podajnikami i końcówkami mieszającymi, jak np. Protemp™ czy Luxatemp®. Aby uniknąć ewentualnych niekorzystnych skutków zastosowania szybko polimeru w jamie ustnej pacjentów uczulonych na to tworzywo, należałoby rozpatrzyć możliwość wykonywania tymczasowych koron i mostów ochronnych w pracowni protetycznej. W pracowni również można – wykorzystując artykulator – wykonać indywidualizację szyn zgryzowych. W ten sposób eliminuje się uwalnianie wolnego monomeru i wzrost temperatury tworzywa w jamie ustnej. Można też stosować bezpieczniejsze alternatywne materiały, jak np. metakrylan butylu, który jest mniej toksyczny niż metakrylan metylu [1].

W związku z przedstawionymi powyżej wynikami badań proponuje się następujące możliwości zmniejszenia narażenia pacjentów na szkodliwe działanie resztkowego MM: wybór tworzywa akrylowego, które po spolimeryzowaniu zawiera jak najmniej monomeru resztkowego; zastosowanie metod przedłużonej polimeryzacji termicznej; umieszczenie gotowej protezy w wodzie o temperaturze pokojowej na 24 godz.; lub ciepłej wodzie (około 50°C.) na minimum 1 godz.; udzielanie pacjentowi informacji, aby przez kilka nocy przetrzymywał protezę w naczyniu z wodą; ograniczenie stosowania żywic samo polimeryzujących, szczególnie u pacjentów uczulonych; stosowanie tworzywa szybko polimeryzującego w formie zamkniętych naboji; w razie konieczności stosowania tworzyw bezpośrednio w jamie ustnej pacjenta należy izolować błonę śluzową i/lub zęby, np. wazeliną, a końcową polimeryzację przeprowadzać pod bieżącą ciepłą wodą; ograniczenie bezpośredniego kontaktu pacjenta z szybko polimerem przez wykonanie napraw i podścielen protez metodą pośrednią oraz wykorzystanie artykulatora do indywidualizacji szyn zgryzowych.

Toksyczność metakrylanu metylu w ekspozycji zawodowej zespołu stomatologicznego lekarz/ /asysta/technik

Na kontakt z MM w miejscu pracy jest narażony cały zespół stomatologiczny, zarówno lekarz podczas wykonywania opisanych poniżej zabiegów klinicznych, jego asysta przygotowująca tworzywo, jak i technicy dentystyczni. Na toksyczne

działanie monomeru MM szczególnie są podatne skóra, drogi oddechowe i układ nerwowy. Narażenie techników wiąże się z długotrwałą ekspozycją na MM w czasie wykonywania i napraw wszystkich rekonstrukcji protetycznych wymagających użycia tworzywa. Stężenie monomeru w powietrzu zwiększa się wraz z liczbą wykonywanych prac, ponieważ jest on bardzo lotny. Z tego powodu należy stosować odpowiedni typ wentylacji.

Specyfika zawodu technika dentystycznego wymaga codziennego kontaktu z tworzywem. Badania Bereznowskiego [13] przeprowadzone na grupie techników z długoletnim stażem (15–30 lat pracy) wykazały, że MM ulatniający się podczas przygotowywania tworzywa akrylowego i dostający się do krwi drogą oddechową nie działa toksycznie na narządy wewnętrzne, ponieważ jest szybko metabolizowany w organizmie. W piśmiennictwie opisano jednak działanie alergizujące tego związku [14–16]. Najczęściej występujące objawy uczulenia na metakrylan metylu, pojawiające się od kilkunastu minut do 24 godzin od ekspozycji, to: rumień, świąd, obrzęk w jamie ustnej lub na twarzy. U techników dentystycznych, którzy nie stosują rękawic podczas modelowania akrylu zaobserwowano ponadto miejscowe objawy neurologiczne, takie jak: drętwienie, ból i zbieżenie palców [14].

Wyniki badań przeprowadzonych na 55 techników dentystycznych wskazują na występowanie u 35 z nich (63,6%) alergicznego kontaktowego zapalenia skóry, u 13 (23,6%) zapalenia skóry, u 2 (3,6%) obu postaci zapalenia skóry, u 4 (7,3%) atopowego wyprysku na dłoniach, u 1 osoby (1,8%) innego rodzaju *dermatitis*. Najczęstszymi obszarami dłoni, na których pojawiły się objawy zapalne, były: koniuszki palców, boczne powierzchnie palców, grzbietowa strona palców i dłoń. W alergicznym kontaktowym zapaleniu skóry najczęściej zajęty regionem były: koniuszki palców, szczególnie wskazującego i środkowego. W zapaleniu skóry w wyniku podrażnień w 80% były zajęte grzbietowe części palców. Z całkowitej liczby 55 badanych 16% z nich reagowało alergicznie na MM, ale największy odsetek, bo aż 33% reagowało odczynem alergicznym na 2-HEMA (2-hydroksyetylometakrylan), 11% na EMA (etylmetakrylan). Pozostałe osoby reagowały na TREGDMA (trietylenglikol dimetakrylanu) 4% oraz na EA (etylakrylan), 2 badanych reagowało na wszystkie cztery rodzaje metakrylanu. Z badań Rustemeyera i Froscha [15] wynika również, że zmiana metod pracy, używanie okularów oraz ograniczenie kontaktu z alergenem przyczyniły się do tego, że technicy ci mogli dalej pracować w zawodzie. W badanej grupie 33% techników zrezygnowało z zawodu, a 67% mogło kontynuować pracę, używając okularów, kremów

ochronnych i unikając podrażnień. Autorzy badań polecają rękawice wykonane z polimeru 4 H (etyleno-winylo-alkohol wielowarstwowo prasowany z polietylenem). Rękawice z tego materiału zapewniają ochronę przed metakrylanami przez kilka godzin. Sam polietylen daje jedynie kilkuminutową ochronę [15].

Oprócz objawów skórnych i neurologicznych, kontakt z MM powoduje objawy pochodzące z układu oddechowego. W Klinice Chorób Zawodowych Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi wykazano wpływ metakrylanu metylu na układ oddechowy. Witczak i wsp. [16] opisali przypadek chorej na astmę i nieżyt nosa wywołane ekspozycją zawodową na MM. Pierwsze napady duszności wystąpiły u niej w miejscu pracy, po około 6–8 miesiącach od jej rozpoczęcia. Napadom duszności towarzyszyły też inne objawy alergii. Po 10 miesiącach dolegliwości te zaostrzyły się, mimo że kontakt z akrylanami zakończył się, objawy pochodzące z układu oddechowego utrzymywały się nadal, chociaż w mniejszym natężeniu. Występowanie izolowanej odpowiedzi bronchospastycznej i nieżyt nosa wskazują na nieatopowe tło choroby. U badanej chorej łagodne objawy astmy utrzymywały się przez 7 lat po ustaniu narażenia [16].

W związku z tym szczególnego znaczenia nabierają działania ograniczające ekspozycję zawodową na monomer MM zarówno w gabinecie dentystycznym, jak i pracowni technicznej. Leggat i Kedjarune [17] zalecają następujące metody postępowania, które zmniejszają narażenie personelu medycznego na szkodliwe działanie MM: zwiąk-

zenie świadomości wśród personelu stomatologicznego na ryzyko narażenia na metakrylan metylu; zabezpieczenie dobrej wentylacji w gabinecie i pracowni stomatologicznej; używanie ochrony oczu; używanie rękawiczek ochronnych; unikanie rozlania monomeru; przechowywanie tego związku w zamkniętych pojemnikach; usuwanie monomeru znajdującego się na zewnątrz pojemnika; ogólna higiena w gabinecie i laboratorium; nie narażanie monomeru na działanie ognia; natychmiastowe oczyszczenie powierzchni skóry, która zetknie się z monomerem.

W praktykach stomatologicznych należy unikać bezpośredniego podścielania protez tworzywem szybko polimeryzującym. Do wykonania tymczasowych uzupełnień i innych prac używać tworzyw w zamkniętych samodozujących i samomieszających systemach tworzywo/katalizator. W warunkach laboratoryjnych wprowadzać zamknięte systemy puszgowania i polimeryzacji, np. metodę wtryskową (system Ivocap®) lub metodę wtryskową z następowym tłoczeniem (system Intopress®), w których tworzywo jest umieszczone w kapsułach i przetwarzane „na sucho”, tzn. bez udziału płynnego monomeru. W pracowni technicznej wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, powinno się też dążyć do zastąpienia tworzywa polimeryzującego chemicznie, np. używanego do wykonania łyżek indywidualnych, innymi rodzajami tworzyw, tworzywami formowanymi wgłębnie w odpowiednich urządzeniach tłoczących, np. system Erkopress®, lub tworzywami utwardzanymi pod wpływem światła, które są mniej toksyczne i hypoalergiczne [18].

Piśmiennictwo

- [1] POWERS J.M., SAKAGUCHI R.L.: Prosthetic applications of polymers. In: Craig's Restorative Dental Materials. Prosthetic Mosby Elsevier, St. Luis 2006, 513–553.
- [2] Norma PN-EN-ISO 1567 Stomatologia – polimery na protezy zębowe.
- [3] BREGUELA L., GIBAS M., KARASIŃSKI A.: Porównanie zawartości monomeru resztkowego w wybranych tworzywach akrylowych. Prot. Stomat. 2003, 53, 50–54.
- [4] SPIECHOWICZ E.: Badania nad zawartością wolnego monomeru w tworzywie akrylowym. Prot. Stomat. 1971, 21, 183–186.
- [5] BASKER R.M., COLLIER J., SMITH J.: Variation of residual monomer content of poly (methyl methacrylate) dental resins with time and the influence of water immersion. Clin. Mater. 1989, 4, 173–182.
- [6] AUSTIN A.T., BASKER R.M.: Residual monomer levels in denture bases. The effects of varying short curing cycles. Br. Dent. J. 1982, 153, 424–426.
- [7] MARX H., FUKUI M., STENDER E.: Zur Frage der Restmonomere – Untersuchung von Prothesenkunststoffen. Dtsch Zahnärztl. Z. 1983, 38, 550–555.
- [8] TSUCHIYA H., HOSHINO Y., TAJIMA K., TAKAGI N.: Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methyl methacrylate from acrylic resin denture base materials. J. Prosthet. Dent. 1994, 71, 618–624.
- [9] BAKER S., BROOKS S.C., WALKER D.M.: The release of residual monomeric methyl methacrylate from acrylic appliances in the human mouth: an assay for monomer in saliva. J. Dent. Res. 1988, 67, 1295–1299.
- [10] BEREZNOWSKI Z., KOZŁOWSKA M.: Uwalnianie metakrylanu metylu zawartego w akrylowych protezach zębowych i jego cytotoksyczność. Prot. Stomat. 1996, 46, 2, 69–75.
- [11] BEREZNOWSKI Z.: Toksyczność metakrylanu metylu. Badania *in vitro* i *in vivo*. Magazyn Stomat. 1994, 4, 2, 60–63.
- [12] BEREZNOWSKI Z.: Aktywacja kwasu metakrylowego do metakrylilo – CoA – kluczowa reakcja detoksykacji metakrylanu metylu w organizmie zwierzęcym. Czas. Stomat. 2001, 54, 536–541.

- [13] BEREZNOWSKI Z.: Uwalnianie się metakrylanu metylu z protez zębowych – jego metabolizm w tkankach zwierzęcych i ludzkich oraz efekty toksyczne *in vitro*. Czas. Stomat. 2000, 53, 572–579.
- [14] GOŁDA T., NOWAK B., KUSTRA P., ZARZECKA J.: Alergia na materiały stomatologiczne – opis przypadku. Por. Stomat. 2006, 6–7, 56–57.
- [15] RUSTEMEYER T., FROSCH P. J.: Occupational skin diseases in dental laboratory technicians. (I). Clinical picture and causative factors. Contact Dermat. 1996, 34, 125–133.
- [16] WITCZAK T., PAŁCZYŃSKI C., SZULC B., GÓRSKI P.: Astma oskrzelowa z zapaleniem błony śluzowej nosa w następstwie zawodowej ekspozycji na metakrylan metylu u technika dentystycznego. Med. Pr. 1996, 47, 259–266.
- [17] LEGGAT P.A., KEDJARUNE U.: Toxicity of methyl methacrylate in dentistry. Int. Dent. J. 2003, 53, 126–131.
- [18] Hupfauf L.: Wskazówki z materiałoznawstwa. W: Protetyka stomatologiczna. Protezy całkowite. Red.: Stüttgen U., Urban & Partner, Wrocław 1994, 331–339.

Adres do korespondencji:

Danuta Nowakowska
Zakład Materiałoznawstwa Katedry Protetyki Stomatologicznej AM
50-425 Wrocław
ul. Krakowska 26
tel.: +48 071 784 02 91
e-mail: danutanowakowska@epf.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 15.01.2008 r.

Po recenzji: 26.03.2008 r.

Zaakceptowano do druku: 26.03.2008 r.

Received: 15.01.2008

Revised: 26.03.2008

Accepted: 26.03.2008