PRACE ORYGINALNE

Dent. Med. Probl. 2010, **47**, 3, 309–313
ISSN 1644-387X

© Copyright by Wroclaw Medical University
and Polish Dental Society

Kaja Wichrowska, Jerzy Sokołowski

Wpływ jakości powierzchni końcówki światłowodu na wartość natężenia światła halogenowej lampy polimeryzacyjnej

The Influence of the Optical Fibre Tip Surface Quality on the Light Intensity Value of Halogen Polymerization Lamp

Zakład Stomatologii Ogólnej Katedry Stomatologii Odtwórczej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Streszczenie

Wprowadzenie. Właściwa polimeryzacja światłoutwardzalnych materiałów kompozytowych zależy przede wszystkim od dostarczenia odpowiedniej ilości energii przez ich naświetlenie światłem lamp polimeryzacyjnych. Elementem, który może mieć negatywny wpływ na jakość światła emitowanego przez lampę polimeryzacyjną oraz przebieg procesu polimeryzacji kompozytu jest stan światłowodu wynikający z jego uszkodzenia bądź zanieczyszczenia końcówki.
Cel pracy. Ocena wpływu jakości powierzchni końcówki światłowodu lamp polimeryzacyjnych na wartość natężenia światła halogenowej lampy polimeryzacyjnej.
Materiał i metody. W badaniach wykorzystano halogenową lampę polimeryzacyjną PolyLUX II® (KaVo) oraz światłowody: nowy i o różnym stopniu uszkodzenia powierzchni. Do kontroli natężenia światła posłużono się radiometrem Cromatest 7041® (Mega-Physik).
Wyniki. Stwierdzono wprost proporcjonalny spadek natężenia światła w zależności od stopnia uszkodzenia powierzchni światłowodu.
Wnioski. Uszkodzenie powierzchni końcówki światłowodu negatywnie wpływa na wartość natężenia światła halogenowej lampy polimeryzacyjnej (**Dent. Med. Probl. 2010, 47, 3, 309–313**).

Słowa kluczowe: natężenie światła, lampa polimeryzacyjna, światłowody, radiometr.

Abstract

Background. The proper polymerization of light curing composite materials primarily demands adequate amount of the energy using the polymerization lamps light during the polymerization process. The component which can negatively influence the polymerization lamps light intensity, quality and the progress of the polymerization process of composite material is the condition of the optical fibre tip due to its damage or contamination.
Objective. The aim of this study was to determine the influence of the optical fibre tip surface quality on the light intensity value of halogen polymerization lamp.
Material and Methods. Halogen polymerization lamp PolyLUX II® (KaVo) and optical fibres: the new one and with a different degree of a tip surface damage were used in this study. The light intensity was measured with the radiometer Cromatest 7041® (Mega-Physik).
Results. Directly proportional decrease in the polymerization lamp light intensity to the optical fibre tip surface damage was found.
Conclusions. Optical fibre tip surface damage has a negative influance on the light intensity value of halogen polymerization lamp (**Dent. Med. Probl. 2010, 47, 3, 309–313**).

Key words: light intensity, polymerization lamp, optical fibres, radiometer.

Lampy polimeryzacyjne są obecnie wykorzystywane podczas większości zabiegów nie tylko z zakresu stomatologii zachowawczej, ale również protetyki, ortodoncji (m.in. mocowania zamków ortodontycznych) czy periodontologii (np. szynowania rozchwianych zębów). Stały się one in-

tegralną częścią stomatologii adhezyjnej. Dzięki nim praca z materiałami na bazie żywic jest o wiele łatwiejsza, a zależna od operatora aktywacja procesu polimeryzacji przyczynia się do zwiększenia skuteczności i jakości pracy oraz estetyki wykonywanych rekonstrukcji.

Do uzyskania dobrego wyniku klinicznego wykonywanych prac jest niezbędna prawidłowa polimeryzacja materiału kompozytowego. Światłoutwardzalne materiały kompozytowe wiążą na zasadzie wolnorodnikowej polimeryzacji addycyjnej, a dla zapoczątkowania reakcji powstawania wolnych rodników wykorzystuje się źródło światła niebieskiego o zakresie długości fali 400–520 nm [1, 2]. Energia świetlna aktywując układ katalityczny, inicjuje polimeryzację wewnątrz matrycy żywiczej, niedostateczne naświetlenie kompozytu zaburza jednak proces polimeryzacji. Skutkiem tego jest niejednorodny stopień usieciowania matrycy [3] i pogorszenie jakości materiału [4]. W wielu badaniach dowiedziono, że gęstość uwalnianej energii podczas procesu naświetlania (iloczyn mocy lampy i czasu ekspozycji w s) wpływa na stopień twardości, głębokość polimeryzacji i właściwości mechaniczne materiałów kompozytowych [5–7]. Właściwa polimeryzacja kompozytów będzie więc zależeć przede wszystkim od dostarczenia odpowiedniej ilości energii za pomocą ich naświetlenia światłem lamp polimeryzacyjnych. Należy zatem zdawać sobie sprawę z istnienia wielu czynników wpływających na właściwy przebieg procesu polimeryzacji materiałów kompozytowych, którymi są m.in.: natężenie światła, gęstość mocy stosowanej lampy, widmo emitowanego światła, czas naświetlania, odległość źródła światła od naświetlanej powierzchni, kolimacja, rodzaj fotoinicjatora oraz grubość warstwy materiału, jego kolor i przezierność [8, 9]. Dodatkowym elementem, który może mieć negatywny wpływ na jakość światła lampy polimeryzacyjnej i przebieg procesu polimeryzacji kompozytu jest stan światłowodu wynikający z jego uszkodzenia czy zanieczyszczenia. W pracy oceniono wpływ tego ostatniego czynnika na wartość natężenia światła lamp polimeryzacyjnych.

Celem pracy była ocena wpływu jakości powierzchni końcówki światłowodu na wartość natężenia światła emitowanego przez halogenowe lampy polimeryzacyjne.

Materiał i metody

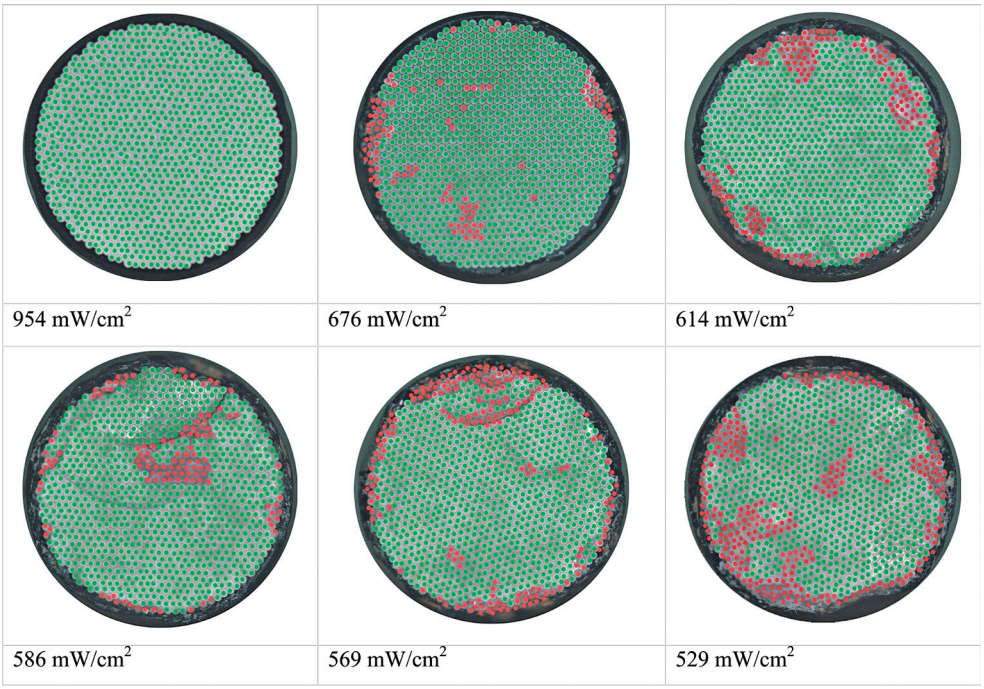
Do oceny wpływu jakości powierzchni światłowodu na wartość natężenia światła wykorzystano lampę PolyLUX II® (KaVo), nowy światłowód oraz 15 światłowodów używanych przez ponad 6 lat na stanowiskach pracy w Poradniach Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego Nr 6 Instytutu Stomatologii UM w Łodzi. Powierzchnie końcówek światłowodów fotografowano aparatem fotograficznym Canon EOS 10D wyposażonym w lampę błyskową Canon E-TTL Macro Ring Lite MR-14EX. Następnie zdjęcia skanowano i w 20-krotnym powiększeniu, w programie CorelDRAW 9, obliczano liczbę uszkodzonych wiązek światłowodu. Za wiązkę uszkodzoną przyjmowano taką, której zarys był niemożliwy do odczytania. Z 15 światłowodów wybrano 9, które miały jednakową liczbę wiązek (1006), równą liczbie wiązek nowego światłowodu. Na podstawie stosunku liczby wiązek uszkodzonych (oznaczanych kolorem czerwonym) do nieuszkodzonych (zaznaczanych kolorem zielonym) określano procent uszkodzenia powierzchni ich końcówek. Bezpośrednio po wykonaniu zdjęć dokonywano pomiarów natężenia światła lampy polimeryzacyjnej za pomocą radiometru Cromatest 7041® (Mega-Physik) w bezpośrednim kontakcie powierzchni końcówki światłowodu z powierzchnią czujnika radiometru. Na każdym stanowisku w ten sam sposób dokonywano pomiaru natężenia światła po wymianie używanego światłowodu na nowy. Wykonywano po 3 pomiary natężenia światła lampy polimeryzacyjnej dla każdego ze światłowodów, a ostateczną wartość stanowiła średnia arytmetyczna z trzech pomiarów.

W analizie statystycznej zastosowano model regresji dla funkcji nieliniowej, z użyciem metody najmniejszych kwadratów (*nonlinear regression function by least squares*).

Wyniki

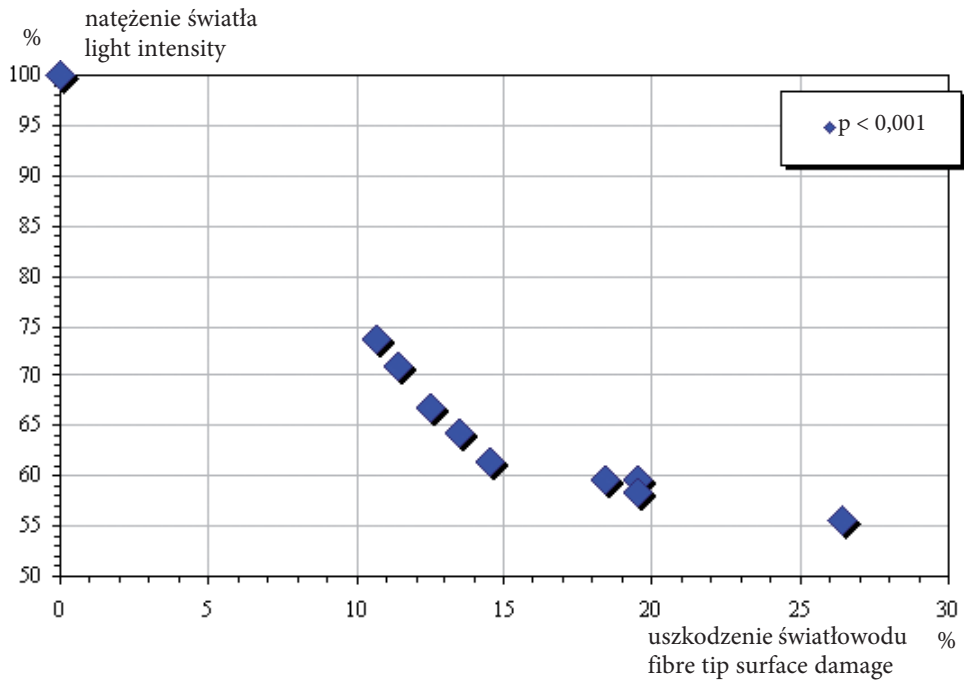
Na rycinie 1 zestawiono wybrane obrazy fotograficzne końcówek światłowodów lamp polimeryzacyjnych PolyLUX II, o różnym stopniu uszkodzenia ich powierzchni, z wartościami natężenia światła lampy polimeryzacyjnej PolyLUX II uzyskanymi dla poszczególnych światłowodów. Punktami czerwonymi oznaczono wiązki silnie zabrudzone/uszkodzone, o nieregularnym kształcie lub ciemnej powierzchni. Punktami zielonymi oznaczono wiązki nieuszkodzone. Kolejne obrazy umieszczone na ryc. 1 przedstawiają końcówki światłowodów o coraz większym stopniu uszkodzenia oraz średnią wartość natężenia światła lampy polimeryzacyjnej uzyskaną dla danego światłowodu, odpowiednio: 954 mW/cm^2, 676 mW/cm^2, 614 mW/cm^2, 586 mW/cm^2, 569 mW/cm^2, 529 mW/cm^2.

Na rycinie 2 przedstawiono zależność wartości natężenia światła lampy polimeryzacyjnej od stopnia uszkodzenia końcówki światłowodu. Wyraźnie jest widoczny spadek natężenia światła postępują-



Ryc. 1. Zestawienie wybranych obrazów fotograficznych końcówek światłowodów lamp polimeryzacyjnych PolyLUX II o różnym stopniu uszkodzenia ich powierzchni oraz wartości natężenia światła przez nie emitowanego

Fig. 1. Optical fibres tips of PolyLUX lamp with a different degree of surface damages and their light intensity values



Ryc. 2. Zależność natężenia światła lampy polimeryzacyjnej od stopnia uszkodzenia powierzchni końcówki światłowodu

Fig. 2. Dependence between polymerization lamp light intensity and optical fibre tip surface damage degree

cy wraz z uszkodzeniem/zabrudzeniem końcówki światłowodu. Wartość natężenia światła lampy polimeryzacyjnej równa 954 mW/cm^2 jest wartością wyjściową, emitowaną przez nową lampę z użyciem nowego, nieuszkodzonego światłowodu. Uszkodzenie końcówki światłowodu obejmujące 26,4% jej powierzchni powodowało uzyskanie mniejszych wartości natężenia światła – 529 mW/cm^2, co stanowiło 55,5% wartości uzyskanej dla nieuszkodzonego nowego światłowodu. Analiza statystyczna uzyskanych wyników dowiodła, że zależność spadku natężenia światła od uszkodzenia końcówki światłowodu jest istotna statystycznie.

Omówienie

W warunkach klinicznych niedostateczna polimeryzacja materiału, z uwagi na obniżenie jego wytrzymałości mechanicznej oraz większą podatność na degradację, może przyczynić się do pogorszenia szczelności brzeżnej wypełnień, wstąpienia dolegliwości bólowych i wtórnej próchnicy zębów. Zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej materiału kompozytowego może także prowadzić do uszkodzeń mechanicznych (złamania), przebarwień oraz zwiększenia stopnia ścieralności kompozytu. Pogarszają się rów-

nież właściwości biologiczne materiału wskutek uwalniania większej liczby niespolimeryzowanych monomerów, wywołując m.in. zapalenie dziąsła brzeżnego oraz alergie. Dlatego tak istotne jest skupienie szczególnej uwagi na etapie polimeryzacji, by zapewnić materiałom właściwe sieciowanie matrycy. Nie należy zapominać o systematycznej ocenie natężenia światła stosowanych lamp polimeryzacyjnych. Jest to najprostszy sposób określania ich skuteczności.

Natężenie światła, czyli całkowita moc lampy polimeryzacyjnej określa intensywność emisji fal świetlnych emitowanych przez lampę [1]. Wyrażane jest w mW/cm^2. Według standardów ISO natężenie światła lampy polimeryzacyjnej nie powinno być niższe niż 300 mW/cm^2.

Do oceny wartości wyjściowego natężenia światła lamp polimeryzacyjnych przeznaczonych do pracy klinicznej wykorzystuje się radiometry [10, 11]. Coraz częściej producenci umieszczają mierniki natężenia światła w obudowach lamp, co pozwala na szybką ocenę natężenia światła emitowanego przez lampy. Mierniki te występują najczęściej w postaci sygnalizacji świetlnej informującej lekarza, czy lampa może być w danej chwili wykorzystana do polimeryzacji materiału kompozytowego. Niewiele lamp polimeryzacyjnych ma wbudowane urządzenia pozwalające nie tylko na jakościową, lecz także ilościową ocenę natężenia światła. Zdając sobie sprawę z tego, jak duży jest wpływ wartości natężenia światła lamp polimeryzacyjnych na jakość materiału kompozytowego, warto mieć do dyspozycji niezależny radiometr. Przykładem takiego urządzenia może być np. Cure Rite® (Dentsply-Caulk) bądź zastosowany w badaniach Cromatest 7041 (Mega-Physik). Należy jednak pamiętać, że wskazania poszczególnych radiometrów dla różnych lamp polimeryzacyjnych są odmienne. Stosowanie radiometru ma na celu wyeliminowanie zjawiska znaczącego spadku natężenia światła lampy polimeryzacyjnej spowodowanego uszkodzeniem lampy, którego nie można by było zauważyć bez obiektywnej ilościowej oceny wartości natężenia światła emitowanego przez lampę [12].

Wpływ na ograniczenie wartości natężenia mogą mieć m.in.: uszkodzenie filtrów świetlnych, układu optycznego, napięcie sieciowe, zasilanie wewnętrzne, zanieczyszczenia i uszkodzenia w wyniku użytkowania i konserwacji, a także badana w pracy jakość końcówki światłowodu – jego uszkodzenia oraz zabrudzenia.

Przeprowadzone badania wykazały wyraźną zależność wartości natężenia światła lampy polimeryzacyjnej od jakości końcówki światłowodu, co może mieć przełożenie na zmniejszenie jakości polimeryzacji materiałów kompozytowych. Należy zatem brać pod uwagę, że zastosowanie uszkodzonego światłowodu ogranicza wartość natężenia światła lampy polimeryzacyjnej, a to może skutkować niedostateczną polimeryzacją materiału, szczególnie jego najgłębszych warstw [12].

Przytaczana w piśmiennictwie średnia wartość natężenia światła emitowanego przez lampy stosowane w gabinetach stomatologicznych mieści się w przedziale 500–600 mW/cm^2 [12, 13]. Badania oceny natężenia światła emitowanego przez lampy używane w praktykach klinicznych przez El-Mowafy et al. [13] wykazały, iż przeciętna wartość natężenia światła lamp halogenowych wynosiła 526 mW/cm^2, a 12,1% z badanych przez nich lamp halogenowych emitowało natężenie niższe niż 300 mW/cm^2.

Należy zatem brać pod uwagę to, że zastosowanie uszkodzonego światłowodu podczas polimeryzacji materiału, przy znacznej głębokości wypełnianego ubytku, może nie zapewnić uzyskania granicznej wartości 300 mW/cm^2 natężenia światła dochodzącego do dna ubytku. W takich warunkach w celu zapewnienia prawidłowej polimeryzacji korzystne byłoby przedłużenie czasu naświetlania materiału kompozytowego, wraz z przedłużeniem czasu naświetlania bowiem zwiększa się ilość energii niezbędnej do aktywacji procesu polimeryzacji [14–16]. Przedłużając jednak czas naświetlania materiału, należy mieć na uwadze efekt cieplny i niebezpieczeństwo nadmiernego rozgrzania tkanek zęba, które może prowadzić do urazu termicznego miazgi zęba. Dotyczy to przede wszystkim lamp polimeryzacyjnych o zwiększonej mocy. Temperatura w twardych tkankach zęba może wzrosnąć nawet o 14°C (najczęściej 1,2–3,4°C, w zależności od modelu lampy) po 60 s cyklu naświetlania [1]. Z klinicznego punktu widzenia najlepsza technika aktywacji polimeryzacji powinna charakteryzować się możliwie najkrótszym czasem naświetlania oraz zapewniać jednocześnie największy stopień konwersji, a także zapewniać najmniejszy skurcz polimeryzacyjny [1].

Postęp techniczny i ciągłe udoskonalanie urządzeń aktywujących polimeryzację i materiałów kompozytowych nie zwalnia z przestrzegania określonych zasad postępowania oraz znajomości właściwości zarówno materiałów światłoutwardzalnych, jak i lamp polimeryzacyjnych. Niezależnie od stosowanego urządzenia ważna jest świadomość potencjalnych problemów, które mogą zaburzyć właściwy przebieg polimeryzacji materiałów kompozytowych. Systematycznie przeprowadzane pomiary natężenia światła, wymiana żarówek lamp polimeryzacyjnych oraz troska o właściwą konserwację lamp z pewnością będą w stanie zapewnić skuteczną pracę i dobre wyniki kliniczne.

Uszkodzenia/zanieczyszczenia powierzchni końcówki światłowodu, do których może dochodzić podczas pracy klinicznej, pociągają za sobą zmniejszenie natężenia światła lampy polimeryzacyjnej, przy czym spadek natężenia światła jest proporcjonalny do liczby uszkodzonych/zanieczyszczonych włókien światłowodu.

Piśmiennictwo

[1] Pacyk A., Wagner L.: Światłem lamp polimeryzacyjnych w tajemnice procesu polimeryzacji. E-dentico 2004, 7, 3, 106–111.
[2] Hammesfahr P.D., O'connor M.T., Wang X.: Light-curing technology: past, present, and future. Compend. Contin. Educ. Dent. 2002, 23, 18–24.
[3] Bieliński D.M., Głąb P., Ślusarski L.: FT-IR ATR spectra and nanohardness measurements as used to follow the progress in photocuring of polyester resins. Polimery 2001, 7/8, 494.
[4] Wichrowska K., Kleczewska J., Sokołowski J., Bieliński D.: Zastosowanie nanoindentacji i metody Vickersa do oceny twardości dentystycznych materiałów kompozytowych. Tech. Dent. 2007, 1, 156–160.
[5] Peutzfeldt A., Asmussen E.: Resin composite properties and energy density of light cure. J. Dent. Res. 2005, 84, 659–662.
[6] Yap A.U., Seneviratne C.: Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. Oper. Dent. 2001, 26, 460–466.
[7] Emami N., Söderholm K.J.: How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. Eur. J. Oral Sci. 2003, 111, 536–542.
[8] Preiskorn-Rynkiewicz M., Wagner L.: Pomiary widma światła emitowanego przez wybrane lampy polimeryzacyjne – badanie doświadczalne. E-dentico 2006, 9, 1, 94–96.
[9] Knezevic A., Tarle Z., Meniga A., Sutalo J., Pichler G., Ristic M.: Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. J. Oral Rehab. 2001, 28, 586–591.
[10] Abate P.F., Zahra V.N., Macchi R.L.: Effect of photopolymerization variables on composite hardness. J. Prosthet. Dent. 2001, 86, 632–635.
[11] Rueggeberg F.A.: Precision of hand-held dental radiometers. Quintes. Int. 1993, 24, 391–396.
[12] Wichrowska K.: Wpływ warunków polimeryzacji materiałów kompozytowych na stopień ich twardości. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, 2009.
[13] El-Mowafy O., El-Badrawy W., Lewis D.W., Shokati B., Kermalli J., Soliman O., Encioiu A., Zawi R., Rajwani F.: Intensity of quartz-tungsten-halogen light-curing units used in private practice in Toronto. J. Am. Dent. Assoc. 2005, 136, 766–773.
[14] Prati C., Chersoni S., Montebugnoli L., Montanari G.: Effect of the air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. Am. J. Dent. 1999, 12, 231–234.
[15] Atmadja G., Bryant R.W.: Some factors influencing the depth of cure of visible light-activated composite resin. Aust. Dent. J. 1990, 35, 213–218.
[16] Aguiar F.H., Braceiro A., Lima D.A., Ambrosano G.M., Lovadino J.R.: Effect of light curing modes and light curing time on the microhardness of a hybrid composite resin. J. Contemp. Dent. Pract. 2007, 1, 8, 1–8.

Adres do korespondencji:

Kaja Wichrowska
Zakład Stomatologii Ogólnej Katedry Stomatologii Odtwórczej UM
ul. Pomorska 251
92-213 Łódź
tel.: 42 675 74 61
e-mail: kaja.wichrowska@umed.lodz.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 11.06.2010 r.
Po recenzji: 5.07.2010 r.
Zaakceptowano do druku: 26.07.2010 r.

Received: 11.06.2010
Revised: 5.07.2010
Accepted: 26.07.2010