

ПРОМЕНИ ВО МАСАТА НА КОМПОМЕРНИТЕ РЕСТАВРАТИВНИ МАТЕРИЈАЛИ ПО СКЛАДИРАЊЕ ВО РАСТВОРИ ОД КИСЕЛИНИ

Ѓоргиевска Е.¹, John W. N.², Мирчева М.¹

¹ СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ- Скопје, Клиника за детска и превентивна стоматологија

² King's College- London, Guy' s Hospital, Dental Biomaterials Department

Апстракт

Студијата беше изведена со цел да се испита интеракцијата на три полиацид-модифицирани композиции (Dyract AP, Compoglass F, F2000) со раствори на киселини (и вода како контрола) во интервали од 1 ден, 1 недела, 1 месец и 6 месеци и беа споредени со глас-јономер цементи и композиции.

Примероциите имаа димензии од 12, 8 мм во дијаметар и 1мм дебелина и беа складирани во фосфорна, лимонска, млечна киселина и десилирирана вода. Примањето на вода и промената во масата на примероциите беше испитано со мерење на примероциите пред и по времето одредено за складирање.

Компомериите имаа иницијална загуба во маса по складирање во фосфорна киселина (статистички значајна при $p < 0,01$), но почнаа да добиваат во маса по 1 и 6 месеци (освен во лимонска киселина). Лимонската киселина е најерозивен медиум, додека млечната киселина и десилираната вода беа неутрални.

Добивањето на маса е резултат на примањето на вода што не е надминало од загубата на материјалот поради ерозија и напложување на нераспорливи соли на површината.

Иницијалната загуба на маса ослободува јони, особено флуориди. Компомериите ги неурализираат киселините, значи можат да го зајрат кариесот. Сите претходно наведени хемиски промени по складирање во раствори на киселини се доказ за нивниот антикариоген потенцијал.

Клучни зборови: компомери, ослободување на јони, антикариогени својства

Вовед

Компомерите или полиацид-модифицираните композити се едни од поновите дентални реставративни материјали и претставуваат синтеза на позитивните својства од глас-јономерите и композитите. Тие даваат можност за полесна апликација и поедноставување на процедурата и времетраењето на работата. При работата со деца тие овозмо-

жуваат високо квалитетни реставрации за релативно кус временски период.

Компомерите се едно - компонентни, светлосно полимеризирачки композити кои не содржат вода и се состојат од полиацид модифицирани диметакрилатни мономерни засилени со стронциум или бариум алумино-силикатни стаклени партикли. Се разликуваат од глас-јономер цементите во најмалку два аспекта: прво, стаклените честички се делумно силанизирани за да обезбедат директна врска со смолестиот матрикс, и второ, матриксот се создава само со светлосна полимеризација (12). Во присуство на вода, киселинските групи се очекува да јонизираат и да интерреагираат со базичните компоненти и да продуцираат аналог на глас-јономерно јадро со анти-кариогени својства што се должат на ослободувањето на флуорот (7).

Компомерите преобладаваат имаат својства на композити, па сè уште постои дилемата околу ослободување на флуорот од нив. Тоа се базира на реакцијата на неутрализација (во функционалниот дел од молекулата има мало количество на карбоксилни групи) која се одвива извесно време по иницијалното врзување на материјалот, при што се смета дека формирањето на полисолта учествува во овој процес. Во составот на компомерите не фигурира водата (тие се анхидрозни) (9), така што реакција на неутрализација може евентуално да се јави само откако водата ќе пенетрира низ полимеричната ковалентна мрежа и ќе формира ковалентни врски (6), иако и во тој случај реакцијата секако ќе биде лимитирана од ригидноста на материјалот (5). Процесот на неутрализација кај компомерите е многу важен, бидејќи се смета дека формирањето на полисолите има улога во консекутивното ослободување на флуориди на површината на честичките на стаклениот полнител (6,11). Иако нивото на ослободување на флуориди е пониско во однос на глас-јономерите, сепак обезбедува значително ниво на кариес инхибиција (13,16).

Примањето на течност и растворливоста на овие материјали има големо клиничко значење затоа што примената вода дејствува како пластификатор и го ослабува материјалот. Нивното понатамошно неконтролирано ширење може да предизвика дополнителен притисок на околното ткиво на забот. Истекување на растворливите компоненти од материјалот може да води кон несакан ткивен одговор и растворање на самиот материјал, растворање на матриксот (9), што пак ќе води кон деградација на реставрацијата (10).

Според Bowen et al. (2) димензионалните промени поради примањето на водата може да доведат до компензација на иницијалната полимеризациона контракција, што помага во редукција на маргиналниот проток (15), главно кај композитните смоли, но и кај хемиски врзаните глас-јономерни. Поради фактот дека матриксот на хемиски врзаниот глас-јономер формира полимерен комплекс, за очекување е дека хигроскопната експанзија ќе ја намали маргиналната пукнатина, а уште повеќе дека ќе дојде до зголемување на отпорноста, бидејќи процесот на врзување напредува по имерзијата во вода (8). Додека компензацијата на контракцијата по апликацијата на реставрацијата е пожелна, не е точно познато колкав степен на експанзија е всушност пожелен. Имено, проблемот се состои во тоа дека иако полимеризационата контракција е константна низ целиот материјал, нејзините ефекти се различни зависно од формата на кавитетот. Забележани се случаи каде поради хигроскопната експанзија доаѓа до притисок кој доведува до пукнатина на забот (3).

Berg (4) наоѓа дека реакцијата на неутрализација се случува само по поставувањето на реставрацијата и откако ќе се апсорбира вода од плунката на површината на реставрацијата. Во присуство на вода од околината, киселинските функционални групи што се припоени кон мономерната единица се дел од полимеризираниот материјал и може да реагираат со стаклото (базата) и да

иницираат *ацидо-базна реакција*, при што како резултат на оваа реакција, се ослободуваат флуориди (9).

Материјал и методи

Во испитувањата беа користени 3 вида на полиацид модифицирани композитни

смоли-компомери: *Dyract AP*; *Compoglass F*; *F 2000*. Како контрола ни послужија по еден глас-јономер цемент (*Aqua Cem*) и еден композит (*XRV Herculite Prodigy*).

Материјалите и нивниот состав се прикажани во Табела 1.

Беа изработени 480 дискоидни примероци по 96 од секој поединечен материјал

ТАБЕЛА 1. - МАТЕРИЈАЛИ КОРИСТЕНИ ВО СТУДИЈАТА

материјал и производител	тип	состав
<i>Dyract AP</i> (Dentsply De Trey, Konstanz, Deutschland)	Полиацид-модифициран композит (компомер)	Полимеризирачки смоли, ТСВ смола, стронциум-флуоросиликатно стакло, стронциум флуорид, фото-иницијатори, стабилизатори
<i>Compoglass F</i> (Ivoclar - Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Полиацид-модифициран композит (компомер)	Уретан - диметакрилат, тетраетилен - гликол диметакрилат, циклоалифатичен дикарбоксилен кисел диметакрилат, итербиум три - флуорид, Ва- Al-флуоросиликатно стакло, сфероиден мешан оксид, катализатори, стабилизатори, пигменти
<i>F 2000</i> (3M, St. Paul, USA)	Полиацид-модифициран композит (компомер)	CDMA олигомер, GDMA, флуоро-алумино- силикатно стакло, фото-иницијатори, стабилизатори
<i>Aqua Cem</i> (Dentsply De Trey, Konstanz, Deutschland)	Глас-јономер цемент	Ca- Na- флуоро-фосфоро-алуминиум силикат, полиакрилна киселина, тартарна киселина, жолт железен оксид
<i>XRV Herculite Prodigy</i> (Kerr, Orange, USA)	Композит	79% неоргански полнител со големина на честички од 0, 6 микрони, композитна смола

(24 за секој временски интервал). Примероците беа со пречник од 12,8 мм и со дебелина од 1 мм. Материјалите беа поставени во метални модли, покриени со целулоидна фолија и стегнати меѓу две метални плочки со помош на стеги. Глас-јономер цементот беа мешани во сооднос прашок: течност 2:1. Композитите и композитот беа полимеризирани со помош на лампа за фотополимеризација со сина светлина со бранова должина од 460- 470 нм и времетраење од 40 секунди од секоја страна на модлата. Глас-јономер цементот се стврдуваше на собна температура во времетраење од 1 час.

Примероците беа поставени во четири, клинички релевантни раствори: фосфорна киселина (како модел при употреба на големи количества Coca-Cola™), лимонска киселина (која одговара на употребата на овошни сокови), млечна киселина (модел на активен кариес) и дестилирана вода (контрола). Сите киселини беа со концентрација од 20ммол/ дм³.

Тестирањето беше вршено по изминување на следниве временски интервали: 1 ден; 1 недела; 1 месец; 6 месеци. За секој временски период беа изработени по 120 примероци и тоа по 24 од секој поединечен материјал.

Мерење на масата на секој од примероците пред да се стават во течноста и по вадењето од неа (претходно се сушат со лабораториска апсорбирачка хартија) беа вршени со помош на лабораториска вага од типот METTLER AT 250 со точност од 0.0001 г.

Добиените резултати од претходно изведените испитувања беа анализирани со помош на стандардните статистички параметри, а за подетална анализа на податоците се послужиравме со еднонасочна анализа на варијанса (One way analysis of variance - ANOVA) дополнета со Student-Newmann-Keuls -овиот тест.

Резултати

Табела 2. е компаративен приказ на вредностите добиени при мерење на масата на примероците по еднодневно потопување во раствори. Притоа, композитите генерално губат од масата на примероците, освен оние на Dyract AP и F 2000 кои се складираани во дестилирана вода. За разлика од нив, Aqua Cem и Herculite добиваат во маса. На Aqua Cem ерозивно дејствува само лимонската киселина, која доведува до губење на маса од примероците.

По еднеделно складирање (Табела 3.) доаѓа до понатамошни промени во масата на

ТАБЕЛА 2. - КОМПАРАЦИЈА МЕЃУ ИСПИТУВАНИТЕ МАТЕРИЈАЛИ ВО ОДНОС НА ПРОМЕНАТА НА МАСАТА ПО ИНТЕРВАЛ ОД 1 ДЕН

	DYRACT AP		COMPOGLASS F		F2000		AQUA CEM		HERCULITE	
	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)
Фосфорна киселина	-0.0019 (0.0006)	-0.6833 (0.2581)	-0.0026 (0.0002)	-0.9437 (0.1284)	-0.0007 (0.0003)	-0.2260 (0.1109)	0.0069 (0.0010)	0.0007 (0.7079)	-0.0001 (0.0025)	0.0538 (0.9183)
Лимонска киселина	-0.0024 (0.0008)	-0.8560 (0.2904)	-0.0031 (0.0001)	-1.0966 (0.1150)	-0.0017 (0.0006)	-0.5687 (0.2237)	-0.0058 (0.0036)	-2.7814 (1.6786)	0.0006 (0.0002)	0.2249 (0.0872)
Млечна киселина	-0.0003 (0.0002)	-0.1333 (0.2904)	-0.0019 (0.0003)	-0.6562 (0.1480)	-0.0006 (0.0002)	-0.2104 (0.0831)	0.0038 (0.0022)	1.6698 (1.0934)	0.0007 (0.0005)	0.2626 (0.1962)
Дестилирана вода	0.0006 (0.0003)	-0.1333 (0.1121)	-0.0001 (0.0002)	-0.0397 (0.0833)	0.0001 (0.0003)	0.0582 (0.1250)	0.0007 (0.0019)	0.3339 (0.8681)	0.0009 (0.0003)	0.3272 (0.1166)

ТАБЕЛА 3. - КОМПАРАЦИЈА МЕЃУ ИСПИТАНИТЕ МАТЕРИЈАЛИ ВО ОДНОС НА ПРОМЕНАТА НА МАСАТА ПО ИНТЕРВАЛ ОД 1 НЕДЕЛА (*СТАТИСТИЧКА СИГНИФИКАНТНОСТ ОЗНАЧЕНА СО СВЕЗДИЧКА)

	DYRACT AP		COMPOGLASS F		F2000		AQUA CEM		HERCULITE	
	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)
Фосфорна киселина	-0.0007* (0.0003)	0.0014 (0.0006)	-0.0004* (0.0001)	-0.1474 (0.0576)	0.0011* (0.0005)	0.3751 (0.1881)	0.0020* (0.0031)	0.9306 (1.4642)	0.0012 (0.0002)	0.4553 (0.0002)
Лимонска киселина	-0.0033* (0.0003)	0.0014 (0.0006)	-0.0023* (0.0004)	-0.7947 (0.1334)	-0.0015 (0.0007)	-0.4863 (0.2535)	-0.0065 (0.0033)	-3.1362 (1.5684)	0.0010* (0.0003)	0.3738 (0.1366)
Млечна киселина	0.0001* (0.0001)	0.0422 (0.0414)	-0.0001* (0.0002)	-0.0010 (0.1004)	-0.0017* (0.0004)	0.5745 (0.1368)	0.0081* (0.0010)	4.3392 (0.5336)	0.0004 (0.0001)	0.3738 (0.1366)
Дестилирана вода	0.0014* (0.0006)	0.5142 (0.2291)	0.0014* (0.0002)	0.5046 (0.0878)	0.0034* (0.0003)	1.1245 (0.1028)	0.0074* (0.0007)	3.6682 (0.4229)	0.0009 (0.0002)	0.3284 (0.0830)

примероците. Кај Dyract AP настанува статистички сигнификантно губење на маса ($p < 0.05$) по складирање во сите четири различни течности. Comproglass F покажува статистички високо сигнификантни промени ($p < 0.01$) кај сите раствори, со тоа што во фосфорна и лимонска киселина губи од масата, а во млечна киселина и дестилирана вода добива. Промените кај F 2000 се исто така високо статистички сигнификантни ($p < 0.01$), со исклучок на примероците чувани во лимонска киселина кои не покажуваат разлика со оние од еднодневното мерење. Aqua Cem и Herculite го продолжуваат трендот на примање вода од растворите и со тоа ја зголемуваат својата маса. Исклучок од ова прави Aqua Cem складиран во лимонска киселина, која

иако нема статистички значајна разлика од претходното мерење, сепак продолжува со губењето на масата. Најерозивно од сите раствори делува лимонската киселина, која доведува до губење на маса од сите материјали, а најнеутрални се млечната киселина и дестилираната вода. Кај фосфорната киселина ерозивниот ефект се јавува само кај компомерите и е појак по првиот ден, а потоа се намалува.

Во Табела 4. се прикажани резултатите за промена на масата по едномесечното складирање на примероците. Компомерите добиваат во маса во сите раствори, со исклучок на лимонската киселина, која продолжува со ерозивното дејство на примероците.

ТАБЕЛА 4. - КОМПАРАЦИЈА МЕЃУ ИСПИТАНИТЕ МАТЕРИЈАЛИ ВО ОДНОС НА ПРОМЕНАТА НА МАСАТА ПО ИНТЕРВАЛ ОД 1 МЕСЕЦ (*СТАТИСТИЧКА СИГНИФИКАНТНОСТ ОЗНАЧЕНА СО СВЕЗДИЧКА)

	DYRACT AP		COMPOGLASS F		F2000		AQUA CEM		HERCULITE	
	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)
Фосфорна киселина	0.0005* (0.0007)	0.1945 (0.2704)	0.0014* (0.0005)	0.4566 (0.1758)	0.0014* (0.0007)	0.4435 (0.2190)	-0.0012* (0.0024)	-0.7999 (1.5561)	0.0010 (0.0002)	0.3369 (0.0773)
Лимонска киселина	-0.0025* (0.0005)	-0.8916 (0.1794)	-0.0016* (0.0005)	-0.5098 (0.1940)	-0.0039* (0.0014)	-1.2310 (0.4196)	-0.0124* (0.0026)	-8.2300 (1.1063)	0.0009* (0.0002)	0.3411 (0.0755)
Млечна киселина	0.0011* (0.0008)	0.2526 (0.2610)	0.0015* (0.0004)	0.4971 (0.1499)	0.0004* (0.0011)	0.1276 (0.3520)	-0.0016* (0.0029)	-1.0119 (1.7501)	0.0011 (0.0002)	0.4281 (0.1128)
Дестилирана вода	0.0029* (0.0005)	1.0010 (0.2104)	0.0035* (0.0003)	1.1581 (0.0986)	0.0032* (0.0009)	1.0293 (0.3078)	0.0005 (0.0019)	0.2883 (1.2542)	0.0009 (0.0005)	0.3495 (0.1935)

ТАБЕЛА 5. - КОМПАРАЦИЈА МЕЃУ ИСПИТАНИТЕ МАТЕРИЈАЛИ ВО ОДНОС НА ПРОМЕНАТА НА МАСАТА ПО ИНТЕРВАЛ ОД 6 МЕСЕЦИ (*СТАТИСТИЧКА СИГНИФИКАНТНОСТ ОЗНАЧЕНА СО СВЕЗДИЧКА)

	DYRACT AP		COMPOGLASS		F2000		AQUA CEM		HERCULITE	
	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)	X(SD)	%(SD)
Фосфорна киселина	0.0023* (0.0007)	0.8740 (0.2479)	0.0053* (0.0073)	1.9948 (2.8873)	0.0033* (0.0009)	1.1236 (0.2783)	0.0100* (0.0012)	4.6971 (0.5385)	0.0015 (0.0001)	0.5746 (0.0542)
Лимонска киселина	-0.0016 (0.0008)	-0.6077 (0.3152)	0.0014* (0.0015)	-0.1534 (0.2762)	-0.0012 (0.0007)	-0.4076 (0.2594)	-0.0050* (0.0036)	-2.5553 (1.8163)	0.0025* (0.0004)	0.9534 (0.1532)
Млечна киселина	0.0027 (0.0034)	1.2489 (1.4337)	0.0015* (0.0017)	0.5257 (0.5995)	0.0012 (0.0007)	0.6236 (0.5164)	0.0090* (0.0012)	4.4177 (0.3896)	0.0025* (0.0007)	0.9334 (0.2854)
Дестилирана вода	0.0018 (0.0037)	0.6934 (1.3094)	0.0026 (0.0061)	0.9186 (2.0965)	0.0012* (0.0007)	1.3895 (0.0935)	0.0088 (0.0088)	4.1654 (0.4756)	0.0020 (0.0004)	0.7828 (0.1431)

Промените за Compglass F во сите раствори и за Dyract AP и F 2000 во фосфорна киселина и дестилирана вода се високо статистички сигнификантни ($p < 0.01$), а лесно статистички сигнификантни ($p < 0.05$) за Dyract AP во млечна киселина и F 2000 во лимонска киселина. Aqua Cem почнува да губи од масата (статистички сигнификантно со $p < 0.05$) во сите раствори освен во дестилирана вода. Herculite не покажува статистички сигнификантна промена во масата на примероците со исклучок на оние во лимонска киселина ($p < 0.05$).

Компаративен приказ на податоците за промена на масата по потопување на примероците за 6 месеци е даден во Табела 5. Промените на масата на примероците складирани во фосфорна киселина се статистички значајни ($p < 0.05$) за сите материјали освен за Herculite. Кај лимонската киселина сите материјали продолжуваат со губењето на масата, со исклучок на Compglass F и Herculite кои високо статистички значајно ($p < 0.01$) ја зголемуваат масата. Во млечна киселина и дестилираната вода материјалите по чување од 6 месеци продолжуваат со зголемување на масата, со исклучок на F 2000 кој губи од масата. Статистички сигнификантни промени ($p < 0.05$) има кај Compglass F, Aqua Cem и Herculite поставени во млечна киселина и кај F 2000 и Herculite во дестилирана вода.

Дискусија

Целта на комбинирањето на глас-јономер цементите и композитите е добивање материјал кој ќе биде максимално биокompatибилен, а во исто време ќе ги поседува позитивните својства од двете основни групи материјали. Компомерите се создадени за да ја добијат добрата естетика и механичка отпорност од композитите, но и антикариогените својства од глас-јономерите.

Промената на масата на компомерите, при складирање во водени раствори е важна од најмалку два аспекта:

а) компензација на полимеризационата контракција на материјалот и

б) појавата на секундарната ацидо-базна реакција, неопходна за одвивање на процесот на ослободување на флуор на површината на честичките на стаклениот наполнител.

Компомерите се анхидрозни во времето на стврдувањето, но кога ќе се изложат на влажната орална средина, се очекува водата да дифундира од средината кон материјалот пред да започне процесот на растворање на стаклените партикли и ослободувањето на флуор. Во идеален случај, флуоридните јони би требало споро да "истекуваат" од структурата со дифузија, иако поголемо количество на флуориди би можело да се добие со поголемо растворување на материја-

лот (1). Сепак, по подолго време на растворање и дезинтеграција, би дошло до промени во физичките и механичките својства.

При тестирањето за промена на масата, сите полиацид-модифицирани композити покажаа слично однесување во однос на промената на масата на примероците. По иницијалната загуба на маса по првото тестирање, дојде до зголемување на масата во сите раствори, освен во лимонската киселина, каде загубата се движеше и до 1.23% како што е примерот со F 2000. Добивката во маса, пак беше најголема кај оние примероци кои беа чувани во дестилирана вода - до 1.39%. Глас-јономер цементот Aqua Cem покажа најголеми загуби во лимонската киселина - до 8.23%, а нето добивка во маса во однос на фосфорната и млечната киселина - до 4.70%. Композитот Herculite континуирано ја зголемуваше масата, и тоа најмногу во дестилирана вода.

Ова испитување покажа дека лимонската киселина е посебно агресивна супстанција кон испитуваните материјали. Оваа добивка во маса најверојатно се должи на примањето на вода што не е надминато од загубата на материјалот што се должи на ерозијата. Исто така, тоа може да вклучува депонирање на нерастворливи соли во површинскиот слој, посебно во случај со фосфорната киселина - наталожување на калциум фосфати за кои се знае дека се во основа нерастворливи.

Нашите резултати се слични на оние кои ги добиваат Jedynakiewicz et al. (9), кои по 2 месечна имерзија во вода ги добиле вредностите за промена на масата што се движат од 2.45% за Compoglass F, 1.5% за Dyract AP и 1.69% за F 2000. Meyer et al. (12) и нашле дека нема значајни разлики во примената вода меѓу различните компомери, но дека примаат помалку вода од смолесто-модифицираните глас-јономер цементи (кои се однесуваат како хидрогел). Исто така, количествата на примена вода по 1 ден се разли-

чни од оние по 1 недела, што во целост ги потврдува нашите наоди.

Заради потврда на резултатите што ги добивме, може да се посочи и истражувањето на Nicholson et al. (14), кои наоѓаат дека во чиста вода настанува зголемување на масата на компомерите, што укажува дека постои иреверзибилно примање на вода што ја надминува секоја загуба која се должи на растворување. Количеството на примена вода, пак според нив, зависи од јонската сила на медиумот. И Irie & Nakai (8) забележуваат зголемување на масата на примероците, што го поврзуваат со хигроскопната експанзија.

THE CHANGE IN MASS OF COMPOMER RESTORATIVES FOLLOWING STORAGE IN ACIDIC SOLUTIONS

Gjorgievska E., Nicholson, W. J., Mirceva, M.

Abstract

The study was performed to examine the interaction of three polyacid-modified composite restoratives (Dyract AP, Compoglass F, F2000) with acidic solutions (and water as a control), in 1 day, 1 week, 1 month and 6 months intervals and were compared with glass-ionomer cement and composite resin.

The samples had dimensions of 12, 8mm in diameter and 1mm thickness and were stored in phosphoric, citric, lactic acid and distilled water. The water uptake and the change in mass was examined by weighing the samples before and after the storage time intervals.

The compomers had initial loss in mass highest in phosphoric acid (statistically significant at $p < 0.01$), but started gaining weight after 1 and 6 months (except in citric acid). Citric acid was the most erosive medium and lactic acid and water neu-

tral ones. Mass gain is a result of water uptake that is not exceeded by the loss of material due to erosion and the deposition of insoluble salts on the surface.

The initial mass loss releases ions, especially fluorides. The compomers neutralize acids therefore can arrest caries. All the previously proven chemical changes following acidic storage confirm compomers' anticariogenic potential.

Key words: compomers, ion release, anticariogenic properties

Литература

1. Barry T. J., Clinton D. J., Wilson A. D. The structure of a glass – ionomer cement and its relationship to the setting process, *J Dent Res* 1979; 58: 1072 – 1079
2. Ben- Amar A. , Liberman R. , Apatowski U., Pilo R. pH - changes of glass - ionomer lining materials at various time intervals, *J Oral Rehab* 1999; 11: 847 – 842
3. Bertacchini S. M., Abate P. F., Blank A., Baglietto M. F., Macchi R. L. Solubility and fluoride release in ionomers and compomers, *Quintessence Int* 1999; 30: 193 – 197
4. Billington R. W., Williams J. A., Pearson G. J. In vitro erosion of 20 commercial glass – ionomer cements measured using lactic jet acid test, *Biomaterials* 1992; 13: 543 – 547
5. Blank L. W., Gingell J. C., Barnes C. A. A 24 – month clinical evaluation of Dyract light cured compomer restorative, *J Dent Res* 1997; 76: 165 (Abstract No . 1213)
6. Blunck U . Denitnhaftmittel und Kompomere, *Quintessenz* 1995; 4: 19 – 35
7. Cortes O., Garcia C., Perez L., Bravo L. A. A comparison of the bond strength to enamel and dentin of two compomers: an in vitro study, *J Dent Child*; 65 (1): 29 – 31
8. El- Kalla I. H., Garcia- Godoy F. Mechanical Properties of glass - ionomer restorative materials, *Oper Dent* 1999 ; 24 : 2 - 8
9. El – Kala I. H., Garcia – Godoy F. Compomer 's adaptation to Class I and V cavities in permanent teeth, *J Dent Child* 2000; 67 (1) : 29 – 36
10. Espelid I., Tveit A. B., Tornes K. H., Alvheim H . Clinical behaviour of glass – ionomer restorations in primary teeth, *J Dent* 1999; 27 (6); 437 – 442
11. Goldman M. Fracture properties of composite and glass – ionomer dental restorative materials, *J Biomed Mat Res* 1985; 19 : 771 – 783
12. Hill R. G, Wilson A. D. A rheological study of the role of additives on the setting of the glass–ionomer cements, *J Dent Res* 1988; 68: 89 – 94
13. Huysmans M. D. N. J. M., Van der Varst P. G . T., Lautenschlager E. P., Monaghan P. The influence of simulated clinical handling on the flexural and compressive strength of posterior composite restorative materials, *Dent Mater* 1996; 12: 116 – 120
14. Ignjatovic N., Savic V., Najman S., Plavsic M., Uskokovic, D. A study of Hap/ PLLA composite as a substitute for bone powder , using FT- IR spectroscopy, *Biomaterials* 2001; 22: 571- 575
15. Marks L. A. M., Verbeeck R. M. H., De Maeyer E. A. P., Martens L. C. Effects of a neutral citrate solution on the fluoride release of resin- modified glass- ionomer and poly- acid- modified composite resin cements, *Biomaterials* 2001; 21: 2011- 2016
16. Mathis R. S., Ferracane J. L. Properties of a glass – ionomer cement resin – composite materials, *Dent Mater* 1989; 5 : 355 – 358