

UDK BROJEVI:
616.31:615.451.1**IN VITRO ИСПИТИВАЊЕ КАПИЛАРИТЕТА РАСТВОРА
КОРИШЋЕНИХ У СТОМАТОЛОШКОЈ ПРАКСИ У ОДНОСУ НА
ТЕМПЕРАТУРУ И КОНЦЕНТРАЦИЈУ**Драган В. Илић¹, Биљана Анђелски Радичевић²**THE STUDY OF CAPILLARITY ON SEVERAL DENTAL SOLUTIONS
(AN IN VITRO STUDY)**

Dragan V. Ilić, Biljana Anđelski Radičević

Сажетак

Увод. Узимајући у обзир да је величина минијатурних простора у усној дупљи често мања од 500 микрона (каналкуларни простори, зјанови, гингивни сулкус итд.) и подложна сакупљању хране и патогених микроба, за циљ овог рада је постављено испитивање величине капиларности раствора који се најчешће користе у стоматолошкој клиничкој пракси.

Материјал и методе. Испитивани су раствори: дестилована вода – ДВ и физиолошки раствор – ФР на два температурна нивоа (20° и 38°С), а етилалкохол – ЕА, водоникпероксид – ВП и хлорхексидин диглуконат – ХХ при различитим концентрацијама и на два температурна нивоа (20° и 38°С). Мерење висине капиларног стуба вршено је капиларом пречника 0,4mm на девет узорака за сваки раствор, након чега су вредности статистички обрађене (ANOVA и Tukey HSD тест на нивоу поверења од 0,05).

Резултати. Највећи скок висине капиларног стуба раствора (20-38°С) показао је 20% ХХ (9,8mm) а најмањи ДВ (0,6mm). Пораст капиларног стуба код 20% ХХ био је статистички значајно већи у односу на ФР и 3% ВП ($p < 0,05$).

Закључак. Загревањем раствора на 38°С постиже се пораст капиларитета код свих раствора, при чему је он био значајан код 20% ХХ у односу на нижу концентрацију – 0,2% ХХ. Разблажењем 96% ЕА на 70% добијен је ефекат знатног смањења капиларности, али само на 38°С.

Кључне речи: капиларитет, хлорхексидин, водоник пероксид, физиолошки раствор, дестилована вода, етилалкохол, дезинфицијенс.

Summary

Introduction. Having in mind existence of miniature spaces less than 500 microns within oral cavity (dental canalicular spaces, gaps, gingival sulcus), prone to food agglomeration and pathogenic microbes, the aim of this research was to measure the capillarity effect of the common dental solutions.

Material and methods. The next solutions were tested: distilled water – DW and saline solution – SS at the 20 and 38°С; ethyl alcohol – EA, hydrogen peroxide – HP and chlorhexidine digluconate – CHX, at different concentrations and with two temperature regimes (20° and 38°С). Measurement of capillary effect was done by 0.4mm diameter capillary tube at nine samples of each solution. Statistic analysis was done by ANOVA and Tukey HSD test and 0.05 level of confidence.

Results. The highest rise of solution capillary column (20°-38°С) exposed 20% CHX (9,8mm) and the lowest for DW (0,6mm). The rise of solution column of 20% CHX was statistically significant in comparison to SS and 3% HP ($p < 0,05$).

Conclusion. Warming of all tested solutions to the level of 38°С capillary effect is evident. The capillary power was significantly expressed at 20% CHX in comparison to the lower concentration (0.2% CHX). Dilution of 96% EA to lower value (70%) resulted in significantly lower capillary effect, but only at 38°С.

Key words: capillarity, chlorhexidine, distilled water, saline solution, ethyl alcohol, hydrogen peroxide, disinfectant.

¹ Dg sc. stom. Драган Илић, виши научни сарадник, Стоматолошки факултет Универзитета у Београду, Клиника за болести зуба, Београд, Србија.

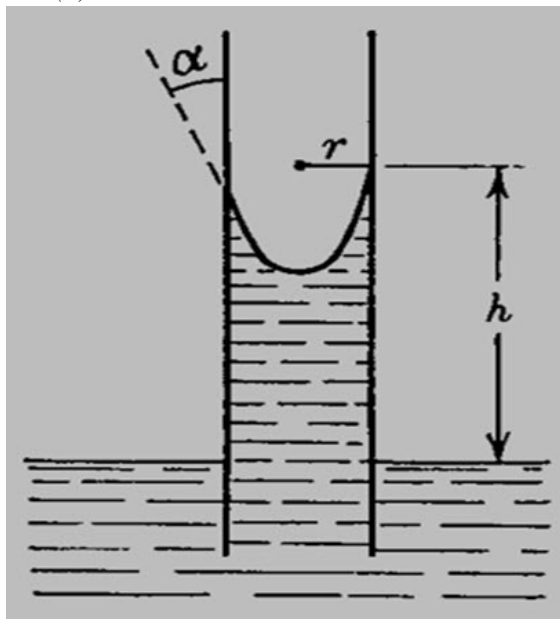
² Mg sc. pharm Биљана Анђелски Радичевић, спец. медицинске биохемије, Стоматолошки факултет Универзитета у Београду, Општа и орална биохемија, Београд, Србија.

УВОД

Још 1965. године аутори указују на значај капиларитета дентинског ткива⁽¹⁾, проучавајући дубину продора раствора. Додавањем етилалкохола (ЕА) ниже и више концентрације, који поседује мали степен површинског напона, раствору натријум хипохлорита (НХ) добијају се веће вредности капиларитета, нарочито код већег удела ЕА. Од тада су се појавила многа испитивања у вези са продором раствора за чишћење канала корена зуба и осталих ткива, дезинфицијенаса, органолитика, минералолитика, анестетика, детерџената, одмашћивача, дехидратанаса, анестетика и сл. Радови су били усмерени у циљу побољшања дифузије у удаљене и тешко доступне микропросторе, пре свега мање каналикуларне просторе, као и лавиринтске регионе дентинских тубула и пулно-периодонцијумских комуникација. Од ових углавном цевастих простора, дентински тубули би се могли сматрати најужим, јер су реда величине 2-4 микрометра у пречнику, зависно од старости зуба⁽²⁾, па се на њима може најадекватније применити формула величине капилари-тета раствора: $h = 2\gamma \cos\alpha / \rho g 2r$.

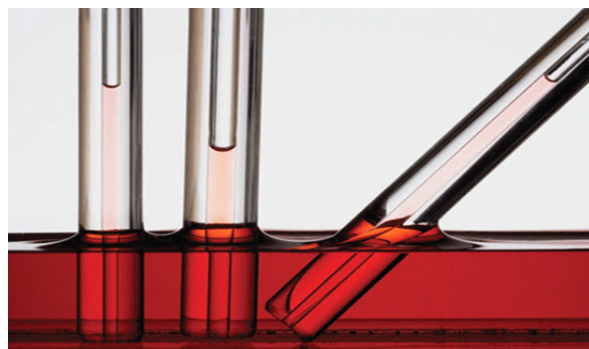
Висина (h) до које ће досегнути течност у капилари полупречника (r) директно је зависна од површинског напона (γ) ваздуха и течности (природе течности) као и угла (α), кога чини тангента менискуса течности и зид капиларе (Слика 1).

Слика 1. Капиларитет раствора са позитивном вредношћу $\cos \alpha$ контактнoг угла (α).



Она је обрнуто пропорционална густини течности (ρ) и пречнику капиларе ($2r$), а важи при $r \leq 500\mu\text{m}$. Из овога следи да ће мањи површински напон допринети дубљем продору течности у дентинске тубуле. Ова кретња се јавља без помоћи, тј. независно од спољних сила као што је гравитација (g). Када се доњи крај капиларе налази у посуди са раствором, формира се менискус конкавног облика за растворе са мањом површинском енергијом од воде. Заправо, адхезија се јавља између течности и чврстог унутрашњег зида капиларе, њеним пењањем до нивоа када гравитациона сила превазилази интермолекуларне. Дужина контакта између врха течног стуба и дна капиларне цеви обрнуто је пропорционална пречнику цеви (r), па ће код уже капиларе стуб течности бити већи и обрнуто (Слика 2).

Слика 2. Висина капиларног стуба течности обрнуто је пропорционална ширини капиларе ($2r$).



Према налазима из литературе⁽³⁾, поредећи вискозност 3% водоник пероксида (ВП), физиолошког раствора (ФР) и 0,2% хлорхексидин диглуконата (ХХ), није нађена статистички значајна разлика ($p > 0,05$). Од њих су били са значајно вишом вискозношћу 5% натријум хипохлорит – NaOCl (НХ) и 17% етилендиаминотетрасирћетна киселина (ethylenediaminetetraacetic acid – EDTA), при константној температури од 22°C ($p < 0,05$).

Физиолошки раствор (ФР) се дуго користи у ендодонцији као ириганс, било сам, или као медикамент са микстуром калцијум-хидроксида – Ca(OH)₂ (КХ) због особине сличне ткивној течности. ХХ се користи већ око 50 година у превенцији каријеса, ендодонцији и пародонтологији, применом у концентрацији од 0,2 до 2%. Као 2% гел користи се као соло препарат, или са КХ веома успешно у ендодонцији, при чему је показао антимикробну активност (Enteroc. и Strept. foecalis), бољу од смеше

КХ и ФР. EDTA раствор се, поред лимунске киселине и тетрациклина, користи за уклањање неорганског дела размазног слоја са 17% препаратом у трајању од 1min, и прослеђеним дејством НХ као тренутно најпрепорученији протокол у ендодонцији. Kaviplan као средство за завршну тоалету кавитета, канала или брушеног зубног патрљка, према наводима произвођача, након nanoшења и сушења врши дезинфекцију ткива, при чему формира танак слој талога, чиме успешно затвара експониране тубуле дентина⁽⁴⁾.

ВП као 3% дезинфицијенс већ дуго се примењује у стоматолошкој пракси, због ефервесцентног дејства, као пожељан агенс који лако дифундује у супстрат са којим је у контакту. У концентрацији од 30% неизбежан је у техникама белјења зуба, вршећи оксидацију пигментних материја у дубљим деловима дентина.

У циљу побољшања особина ендодонтских раствора вршена су многа испитивања утицаја температуре, концентрације и комбинације мешања каналских медикамената ради минералолитичког, антимикробног и органолитичког снажнијег дејства. У том смислу, неке студије су укључивале испитивања реолошких особина горе поменутих раствора, посматрајући при том вредности контактнег угла као мерила квашења дентина.

Поштујући став савремене стоматологије да се сврсисходност и ефекат раствора примењиваних у свакодневной пракси углавном испољавају преко њихових антимикробних особина, уз додатни минералолитички и органолитички ефекат, као **циљ** овог експеримента постављено је испитивање величине њихових капиларитета у *in vitro* условима.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Коришћени су раствори: етилалко-хол (ЕА) 96% и 70%, натријум хипохлорит (НХ) 4%, 2,5% и 0,5%, етилендиаминотетра-сирћетна киселина (EDTA) 17% и 0,2%, хлорхексидин диглуконат (ХХ) 2% и 0,2%, физиолошки раствор (ФР), водоник пероксид (ВП) 3% и 30% и дестилована вода (ДВ) као контролна течност. Готови фабрички препарати – раствори били су следећег састава:

- *Kaviplan*, Галеника – има 0,2% NaEDTA и бензалконијумхлорид;
- *Lacalut active*, вода за уста – 0,2%

ХХ, ДВ, PEG 40, хидрогенизовано кастор уље, ароматични коригенс, олафлур, алуминијум лактат, цинк сулфат, калијум ацесулфам, пропилен гликол, лимонен и флуорни сурфактант (удео флуорида у раствору око 225 ppm), Lacalut, Хамбург, Немачка;

- *Curasept*, вода за уста – 0,2% хлорхексидин диглуконат, дестилована вода, ксилитол, пропилен гликол, PEG- 40, хидрогенизовано кастор уље, аскорбинска киселина, ароматични коригенс, полоксам-ер 407, натријум метаби сулфит, натријум цитрат, С.І.42090, Curadent, Милано, Италија;

- *ДВ*, *Aqua destilata*, 1000ml, Хемофарм, Вршац;

- *ФР*, *Natrii chloridi infundibile*, 500ml, Хемофарм, Вршац;

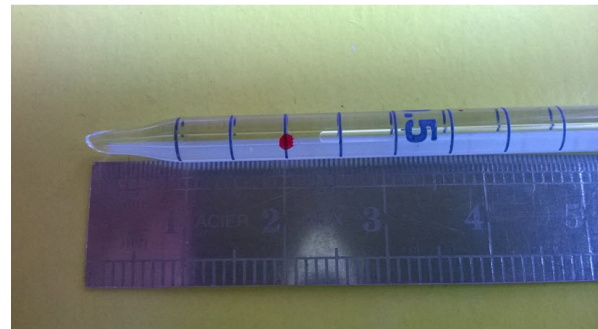
- *ВП* 3% направљен *ex tempore* разређивањем од препарата VP 30% – Zorka Pharma;

- *ВП* 3% Zorka Pharma, Шабац, Србија;

- *R4 Septodont* садржи ХХ-диглуконат и адјувансе 25-50% етанол, сирћетна киселина 2,5-10%.

Сталена градуисана капилара дијаметра 500 микрона коришћена је за мерење нивоа течности, алкохолни термометар, лупа и ортодонтски лењир (Слика 3).

Слика 3. Апаратура за мерење капиларитета



Мерења су обављена на температурама раствора од 38°C степени, приближно претпостављеној најприближнијој вредности за усну дупљу из литературних података⁽⁵⁾, док је за контролу узета вредност од 20°C. Формирано је 14 експерименталних и једна контролна група. Раствори који нису били фабрички готови препарати, за експеримент су направљени у свежем стању (*ex tempore*).

У свакој од посуда сипани су различити раствори до висине од 22mm, а затим је

у њих урођена капилара нормално на дно посуде. Када је течност престала да се пење директно је прочитана висина стуба, тако што је висина прво обележена маркером и потом измерена ортодонтским лењиром. За сваку групу извршено је по девет мерења. Распон вредности(1) добијен је одузимањем најмање од највише вредности капиларитета за сваки раствор (h37-h20).

Статистичка метода подразумевала је примену ANOVA теста за поређење измерених вредности између испитиваних група са нивоом значајности од 0,05. Tukey HSD тест примењен је за вишеструку компарацију тамо где се показала потреба.

РЕЗУЛТАТИ

Резултати мерења вредности капиларитета за испитиване растворе на два температурна нивоа дати су у Табели 1.

Табела 1. Вредности капиларитета h (mm) за испитиване растворе.

Редни број	Раствор	Температура			Разлика Δl
		20°C	38°C		
0		2	3	4	
1	ДВ (H ₂ O)	36,0	36,6	0,6	
2	ФР**	34,6	35,0	0,4	
3	ВП (H ₂ O ₂) 30%	33,5	34,4	0,9	
4	ВП (H ₂ O ₂) 3%	35,8	36,0	0,2	
5	ЕА#	96%	28,9	35,3	6,4
6		70%	27,5	30,1	2,6
7	НХ+	4%	23,1	24,0	0,9
8		2,5%	24,5	25,5	1,0
9		0,5%	25,7	26,6	0,9
10	EDTA	17%	36,2	36,8	0,6
11		0,2%*	30,8	31,8	1,0
12	R4 20%***	30,0	39,8	9,8	
13	Cur.§ 0,2%	26,5	30,1	3,6	
14	Lac.§§ 0,2%	32,2	38,0	5,8	

*Kavipran, **Физиолошки раствор, #Етилалкохол, +Натријум хипохлорит, ***R4 Septodont – 20% ХХ, §Curasept 0,2% ХХ, §§Lacalut 0,2% ХХ

$$\Delta l = l_{38} - l_{20} \text{ (mm)}$$

Највећи скок висине капиларног стуба раствора показао је R4 (20% ХХ) $\Delta l = 9,8\text{mm}$, а најмањи 17% EDTA и ДВ по 0,6mm. Пораст капиларног стуба код R4 био је статистички значајно већи у односу на узорке ФР, 3% ВП, и 17% EDTA (p < 0,05).

ДИСКУСИЈА

ХХ као 2% раствор има специфичну тежину од око 1,03(6) - већу од воде, па је објашњиво да је показао већу висину капиларног стуба од ДВ због додатих

сурфактанта. Према овом извору, вискозност ХХ износи око 2,69 cSt према табличним вредностима. Аутори⁽⁷⁾ добијају вискозност од 0,2 Pa s и 0,1 Pa s за 2% и 0,2% ХХ, што значи да додавање воде, тј. разређивање, доводи до смањења вискозности. Тиме се омогућава већа капиларност раствора, што је потврђено и овим нашим истраживањем. Са постицањем веће снаге капиларитета, нпр. загревањем и додавањем средства за боље квашење дентина, ХХ ће испољити снажно антимикуробно дејство, уз смањен површински напон. С обзиром на његову особину да се везује лако за дентин и делује као депо препарат 12 часова па и дуже, данас се може сматрати неизбежним у свакодневnoj пракси.

Piskin⁽⁸⁾ објављује у експерименту да ускладиштењем НХ на собној температури он губи антимикуробна својства у односу на стајање у фрижидеру. Из овога се може претпоставити да се даљим загревањем до 37°C, или чак 60°C, ово инактивисање појачава уколико је претходно био чуван на собној температури. Међутим, иако 4% НХ у нашем експерименту показује већу капиларност загревањем на 37°C, она је била статистички незначајна (0,9mm), па не би било значајнијег ефекта ни на његово дифундовање у клиничкој пракси.

Резултати многих аутора у вези са реолошким особинама раствора који се примењују у стоматологији добијени различитим методологијама тешко су упоредиви, али на изванредан начин могу послужити за упоређивање вредности површинског напона и капиларитета, односно вискозности течности. У многим испитивањима позитивна вредност угла квашења у директној је сразмери са висином капиларитета, међутим због различитих методологија не могу се поредити вредности различитих аутора, због примењене разнолике апаратуре и још увек нестандардизованих параметара за истраживања овакве врсте.

Додавање активних материја за смањење површинског напона и бољу капиларност према истраживању неких аутора⁽⁹⁾ имају позитивно дејство код НХ раствора, али не делују повољније на ефекат растварања пулпног ткива и снагу подмазивања – лубрифицијентности у каналу корена зуба.

ВП формира хидроксилни слободни радикал ефикасан против микроба, гљивица и вируса, нападајући њихове протеине и

ДНК. Како су многа испитивања показала да је ово дејство ипак минорно у односу на друге иригансе, он се више не употребљава у те сврхе, већ у протоколу белјења зуба, било са уреапероксидом повољног капиларитета или у садејству са перборатом. Његово загревање у нашем испитивању није код примењених концентрација дало знатно повећање капиларитета, али свакако да помаже у хемизму белјења зубних ткива.

Детергент Tween 80, додат лимунској киселини у тетрациклинском препарату МТДА, повећава његово дејство услед снажнијег ефекта капиларитета.(10) Такође, толонијум хлорид који је јак фотосензитизер из породице фенотијазина, поседује јако мали површински напон, а тиме је и ефекат квашења много повољнији него НХ, који би могао бити погоднији за пенетрацију у дентинске тубуле.(11)

Многа истраживања су показала да повећањем концентрације раствора у циљу боље антимицробности расте густина, која пропорционално повећава вискозност, а смањује капиларитет и могућност дифундовања у третираном ткиву. Још увек не постоји усвојена стандардизација, па се наилази на студије које користе амбијенталну температуру од 20°C, 21°C, 22°C или 23°C, иако су табличне стандардне вредности физичко-хемијских особина раствора најчешће дате за температуру од 20°C. Ретко се употребљава температура усне дупље од 37,7°C као најприближнија за *in vitro* испитивања, а у литератури се среће и она од 40°C, па се резултати не могу прецизно упоредити. Највећа подношљива температура усне дупље такође је варијабилна у истраживањима реолошких особина раствора (50°C, 60°C), која се планира за наша даља испитивања.

Enterococcus faecalis би се могао успешно елиминисати већ потврђеним испитивањима са ХХ,(11) или у садејству са ЕДТА у МДТА препарату,(10) уз побољшано ефервесцентно дејство средства, које би знатно повећало капиларитет, односно дифузију у дентинске тубуле и микроканалскуларне и пулпопериодонцијумске лавиринтске просторе корена зуба. Све је више литературних података о додатном фаворизованом ефекту звучне-ултразвучне кавитације ових простора, чиме би се могао побољшати ефекат капиларности раствора.(10) Неки аутори сматрају да уреапероксид, као сурфактант који појачава дејство претходно загрејаног 5% НХ (NaOCl), доводи до

колагенолизе и лакшег чишћења каналског простора.(12, 13)

Како НХ има већи површински напон од воде, то су постојали покушаји аутора да додавањем ЕТ побољшају капиларитет, смање површински напон ириганса и тиме постигну бољу дифузију у дентинско ткиво. У препаратима за испирање уста (Lacalut и Surasept) пенушање је постигнуто додатком супстанци са повољним ефектом ефервесценције, неопходним за продор у микро просторе патолошког гингивног сулкуса дубине и ширине пар стотина микрона.

Сумирајући литературне податке о појединачним резултатима слободне површинске енергије денталних раствора, феномена квашења, вискозности, односно њиховог капиларитета, отварају се путеви који ће изгледа решити дилему при избору – изналажењу најповољнијег протокола обраде круничних, ендодонтских и пародонтолошких простора, узимајући у обзир температуру горе поменутих раствора, њихове физичко-хемијске особине, концентрацију и логичност њиховог комбиновања.

ЗАКЉУЧАК

Загревањем раствора на 37°C статистички значајан пораст висине капиларног стуба показали су раствори 96% ЕА, 70% ЕА и сва три препарата ХХ ($p < 0,01$). Највећу снагу капиларитета испољио је 20,0% препарат ХХ (Lacalut) од 38,9mm, што је статистички значајно према свим осталим групама узорака осим према ДВ (H_2O) и 3% ВП (H_2O_2) ($p < 0,01$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Cunningham WT, Cole JS, Balekian AY. Effect of alcohol on the spreading ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982; Sep 54(3): 333-5.
2. Lenzi TL, Guglielmi CA, Arana-Chavez VE, Raggio DP. Tubule density and diameter in coronal dentin from primary and permanent human teeth. *Microsc Microanal.* 2013; Dec 19(6): 1445-9.
3. Poggio C, Ceci M, Beltrami R, Colombo M, Dagna A. Viscosity of endodontic irrigants: Influence of temperature. *Dent Res J (Isfahan).* 2015; Sep-Oct 12(5): 425-30.
4. KavipranR, Galenika, Beograd, Srbija.
5. Dan L. Longo: T.R. Harrison Harrison's principles of internal medicine. McGraw-Hill, New York, 2011.
6. California department of pesticide regulation public report 2007-4 Chlorhexidine gluconate

- Tracking ID Number 214338. <http://www.cdpr.ca.gov/docs/registration/ais/publicreports/5961.pdf>
7. Basrani B, Ghanem A, Tjäderhane L. Physical and chemical properties of chlorhexidine and calcium hydroxide-containing medications. *J Endod.* 2004; Jun 30(6): 413-7.
 8. Pişkin B, Türkün M. Stability of various sodium hypochlorite solutions. *J Endod.* 1995; May 21(5): 253-5.
 9. Rossi-Fedele G, Guastalli AR. Effect of an alcohol-based caries detector on the surface tension of sodium hypochlorite preparations. *Braz Dent J.* 2015; Jan-Feb 26(1): 66-8.
 10. Nagesh A Bolla, Pragna M, Shruti N, Sarath R, Amarnath S. Effect of final irrigating solution on smear layer removal and penetrability of the root canal sealer. *Journ Conserv Dentistry*, 2014; Jan.-Feb. 1, 17, 1: 40-4.
 11. Pocket dentistry. 2015; Jan 31, | Posted by mrzezo in Dental Materials | Materials used in endodontics. <http://pocketdentistry.com/>
 12. Pavlovic V, Zivkovic S. Chlorhexidine as a root canal irrigant. Antimicrobial and SEM evaluation. *Srp Arh Celok Lek* 2010; 138 (9-10): 557 DOI: 10.2298/SARH1010557P
 13. Sleiman P. Sequence of Irrigation in Endodontics *Oral Health.* May 2005.
-

Контакт: Dr sc. stom. Драган Илић, Стоматолошки факултет Универзитета у Београду, Клиника за болести зуба, Београд, Србија.