

---

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

# **Cercetări privind un material experimental de infiltrare a structurilor dentare demineralizate**

---

Doctorand **Ágnes Kolumbán (căs. Szekely)**

---

Conducător de doctorat **Prof.dr. Mîndra Eugenia Badea**

---



**UMF**  
UNIVERSITATEA DE  
MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
IULIU HAȚIEGANU  
CLUJ-NAPOCA

# CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b>	<b>13</b>
<b>STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII</b>	<b>15</b>
<b>1. Petele albe cretoase (WSL)</b>	<b>17</b>
<b>2. Etiologia petelor albe cretoase</b>	<b>17</b>
2.1. Cauze sistemice	18
2.1.1. Fluoroza dentară	18
2.1.2. Sindromul de hipomineralizare molar incisivă (MIH)	20
2.2. Cauze locale	24
2.2.1. Demineralizarea și caria dentară	24
2.2.2. Hipomineralizarea traumatică	26
<b>3. Tratamentul cariei incipiente</b>	<b>29</b>
3.1. Tratamente neinvazive	29
3.2. Tratamente minim invazive	32
3.3. Tratamente invazive	37
<b>CONTRIBUȚIA PERSONALĂ</b>	<b>41</b>
<b>1. Ipoteza de lucru. Obiective</b>	<b>43</b>
<b>2. Studiul 1. Metode de tratament neinvazive și minim invazive ale cariilor dentare incipiente utilizate de către medicii stomatologi din România</b>	<b>45</b>
2.1. Introducere	45
2.2. Ipoteza de lucru	46
2.3. Material și metodă	46
2.4. Rezultate	49
2.5. Discuții	55
2.6. Concluzii	57
<b>3. Studiul 2. Abordarea minim invazivă a leziunilor de pete albe cretoase</b>	<b>59</b>
3.1. Introducere	59
3.2. Ipoteza de lucru	61
3.3. Material și metodă	61
3.4. Rezultate	61
3.5. Discuții	68
3.6. Concluzii	70

<b>4. Studiul 3. Evaluarea efectelor de demineralizare ale diverselor soluții acide</b>	<b>71</b>
4.1. Introducere	71
4.2. Ipoteza de lucru	72
4.3. Material și metodă	72
4.4. Rezultate	74
4.4.1. Fotografii	74
4.4.2. Microscopia electronică de baleiaj (SEM)	79
4.4.3. VITA Easyshade®	81
4.4.4. DIAGNODent™ pen	83
4.4.5. Radiologie	85
4.5. Discuții	85
4.6. Concluzii	87
<b>5. Studiul 4. Cercetare in vitro privind un material experimental de infiltrare a cariilor incipiente</b>	<b>89</b>
5.1. Introducere	89
5.2. Ipoteza de lucru	90
5.3. Material și metodă	91
5.4. Rezultate	92
5.4.1. Fotografii	92
5.4.2. VITA Easyshade®	93
5.4.3. Microscopia electronică de baleiaj (SEM)	94
5.4.4. DIAGNODent™ pen	95
5.4.5. Radiologie	97
5.5. Discuții	98
5.6. Concluzii	99
<b>6. Concluzii generale</b>	<b>101</b>
<b>7. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei</b>	<b>103</b>
<b>REFERINȚE</b>	<b>105</b>

**Cuvinte cheie:** demineralizarea dentară, caria dentară incipientă, soluții acide, sistemul ICON, pete albe cretoase, stomatologia minim invazivă, infiltrarea cariilor dentare.

## INTRODUCERE

Sistemul Icon (DMG, Germania) este un material relativ nou, folosit pentru infiltrarea cariilor incipiente de pe suprafețele vestibulare și proximale ale dinților. Este o rășină compozită fluidă ce penetrează în adâncimea smalțului demineralizat și după ce se fotopolimerizează, sigilează zona afectată, oprind procesul dinamic dintre placa bacteriană și dinte, stopând evoluția cariei. Prin rehidratarea spațiilor interprismatice ale smalțului dispare aspectul de pată albă cretoasă. Este un concept relativ nou, minim invaziv, care tratează cu succes cariile incipiente ale smalțului dentar sau cele din treimea superficială a dentinei, fără sacrificarea țesutului dentar.

Astfel, în material s-a încorporat o substanță radio-opacă pentru a facilita atât observarea adâncimii și omogenității infiltrării, cât și supravegherea acesteia în timp. O rășină compozită cu eliberare de fluor reduce semnificativ riscul apariției cariilor secundare marginale. După realizarea acestui material experimental, l-am comparat cu sistemul Icon prin analize microscopice, spectrofotoscopice, fotografice și radiologice.

Prin îmbunătățirea proprietăților sistemului Icon vom putea supraveghea zonele tratate, iar riscul cariei secundare va scădea semnificativ.

## CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Teza de doctorat cuprinde patru etape, fiecare reprezentând un studiu de sine stătător:

1. Un studiu de piață care evaluează răspândirea tratamentelor neinvazive și minim invazive în rândul medicilor stomatologi la nivel național.
2. Un studiu *in vivo* în care se prezintă diagnosticarea și tratarea a 20 de cazuri clinice de leziuni carioase incipiente.
3. Un studiu *in vitro* de demineralizare a dinților folosind diferite soluții de acizi pentru a mima o carie incipientă.
4. În final se prezintă o cercetare *in vitro* privind un material experimental de infiltrare a structurilor dentare demineralizate.

### **Studiul 1. Metode de tratament neinvazive și minim invazive ale cariilor dentare incipiente utilizate de către medicii stomatologi din România**

**Obiectivele** acestui studiu este de a afla punctul de vedere al medicilor stomatologi români privind tehnicile de profilaxie și tratamente minim invazive și de a compara răspunsurile chestionarelor completate în 2016 cu cele din 2022.

**Material și metodă.** Chestionarele au fost trimise unui eșantion aleator de stomatologi care au evaluat un spectru larg de măsuri pentru tratarea leziunilor carioase incipiente. Răspunsurile au fost colectate electronic: 394 de răspunsuri au fost adunate în anul 2016 și 402 răspunsuri în anul 2022.

**Rezultate.** Se observă o creștere remarcabilă (269%) a infiltrației cu rășină ca opțiune de tratare a cariilor incipiente în ultimii 6 ani. Cu excepția fațetării directe (care a crescut cu 37%), toate celelalte opțiuni de tratament au fost utilizate mai puțin în 2022.

46% dintre stomatologi au afirmat că preferă să trateze leziunile carioase incipiente proximale cu obturații, cu 9% mai puțin decât în 2016. Se observă o creștere cu 74% a utilizării tehnicii de infiltrare (30% în 2022) față de acum 6 ani (17% în 2016).

În 2016, 56% dintre stomatologi au auzit despre tehnica infiltrării, dintre care 3% au folosit-o des, 23% au folosit-o rar și 30% doar au auzit despre ea, dar nu au folosit-o încă. 44% nu au auzit despre această tehnică. În 2022 rezultatele s-au schimbat într-o direcție favorabilă: 72% dintre stomatologi au auzit de terapia Icon, 9% dintre ei o folosesc frecvent (cu 210% mai mult decât în 2016), 37% o folosesc rar (61% mai mult decât în urmă cu șase ani), 25% au auzit despre ea, dar nu au folosit-o încă și doar 28% nu au auzit niciodată despre ea. Majoritatea medicilor stomatologi ar fi interesați să folosească tehnica de infiltrare cu rășină (96% în 2016 și 97% în 2022).

**Concluzii.** În cazul petelor albe cretoase și al cariilor incipiente proximale, diagnosticarea și tratarea lor precoce sunt cruciale pentru a preveni aceste leziuni să devină cavitate. Tehnicile și materialele stomatologice minim invazive ar trebui incluse în portofoliul opțiunilor de tratament al fiecărui medic stomatolog. Aceste tehnici oferă un plus față de opțiunile de tratament neinvaziv și cel invaziv.

## **Studiul 2. Abordarea minim invazivă a leziunilor de pete albe cretoase**

**Obiectivul** acestui studiu este de a analiza diferite cauze ale petelor albe cretoase. Pentru acest scop s-au studiat 20 de cazuri clinice, rezultatele obținute fiind reprezentate grafic, iar etapele tratamentului sunt ilustrate prin fotografii.

**Material și metodă.** 20 de cazuri de carii incipiente vestibulare au fost diagnosticate și tratate cu sistemul Icon (DMG, Germania). Diagnosticul leziunii a fost pus pe baza unui examen clinic meticulos, combinat cu chestionarea complexă a istoricului general și dentar al pacientului. Pentru a trata petele albe cretoase s-a folosit protocolul oficial de infiltrare al sistemului Icon.

**Rezultate.** Pacienții tratați au fost din România, unde apa de la robinet nu este fluorizată. Probabil acesta este motivul principal pentru care nu au fost găsite cazuri de fluoroză. Două persoane (10%) au prezentat hipomineralizare traumatică în urma accidentelor dinților de lapte. Niciun pacient tratat nu a avut sindrom de hipomineralizare molar incisivă (MIH). Cea mai frecventă cauză (85%) a petelor albe cretoase a fost demineralizarea, din cauza consumului crescut de băuturi acidulate și/sau a igienei bucale precare. O pacientă (5%) a fost diagnosticată cu hipomineralizare sistemică a dinților.

**Concluzii.** Diagnosticul și tratamentul precoce al cariilor dentare inițiale sunt foarte importante în stomatologia minim invazivă. De asemenea este necesară o bună cunoaștere a materialelor și a tehnicilor de tratare ale petelor albe cretoase. Este esențial pentru medicii stomatologi să înțeleagă cerințele estetice ale pacienților și să poată oferi planuri de tratament fără a implica țesuturile dentare sănătoase.

## **Studiul 3. Evaluarea efectelor de demineralizare ale diverselor soluții acide**

**Obiectivul** acestei lucrări este de a evalua care dintre tehnicile și soluțiile acide folosite în acest studiu pot induce leziuni carioase similare cu cele naturale.

**Material și metodă.** În studiu au fost incluși 30 de premolari și molari integri și indemni de carie pe suprafața lor vestibulară și orală. În situația inițială au fost efectuate fotografiile, s-a măsurat culoarea dinților (cu spectrofotometrul VITA Easyshade® Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germania). Dinții au fost examinați cu DIAGNODent™ pen (Kavo Kerr, CA, USA) iar morfologia suprafețelor lor a fost examinată cu ajutorul microscopului electronic de baleiaj (SEM Inspect™ S, FEI, Hillsboro, OR, USA). S-au făcut radiografiile digitale cu incidență mezio-distală.

Au fost preparate șase tipuri de soluții acide: două geluri (acid clorhidric 15%, acid ortofosforic 35%) și patru soluții lichide (acid lactic 80%, acid ortofosforic 37%, acid formic lichid 85% și o soluție acidă cu: 2,2 mM CaCl<sub>2</sub>; 2,2 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,05 M acid acetic). N=5 dinți au fost introduși în fiecare soluție acidă. Dinții având două zone de demineralizare (una pe suprafața lor vestibulară și una pe cea orală), n=10 zone au fost analizate pentru fiecare tip de acid. S-au repetat toate măsurătorile după 30 de minute, după o oră, după 24 respectiv după 96 de ore de gravaj acid. Rezultatele obținute au fost supuse analizei statistice în vederea comparării variabilelor de timp de imersare sau de mediu de stocare.

**Rezultate.** Imaginile SEM prezintă aspectul smalțului erodat chimic la o magnificație de 1000x. În cazul eroziunilor dentare severe, când dentina este expusă, se pot observa canaliculele dentinare rotunde, deschise, matricea lor de collagen lipsind. Acest aspect se poate observa la dinții tratați cu soluția lichidă de acid ortofosforic. Pe de altă parte, dinții imersați în soluția de acid acetic prezentau doar o ușoară demineralizare la nivelul smalțului.

Se poate observa o schimbare de culoare medie după tratarea dinților pentru 30 de minute și o schimbare mică după tratarea lor pentru o oră. Se vede clar că după 24 de ore de demineralizare valorile ΔE3 sunt crescute. Rezultatele cele mai importante s-au obținut după 96 de ore de imersare în acizi. Acest aspect poate fi explicat prin diferența spectrofotometrică dintre smalț și dentină.

În urma rezultatelor obținute prin tehnica DIAGNODent pen s-a realizat o analiză statistică privind compararea rezultatelor din fiecare mediu de imersare al probelor la diferiți timpi de imersare. Singurul mediu

de imersare în care testul Anova One Way nu a prezentat diferențe semnificativ statistice între valorile obținute la diferite perioade de imersare a fost gelul de acid ortofosforic ( $p=0.07092$ ).

Analizând radiografiile, nu se pot observa radiotransparențe pe suprafața dinților tratați cu soluțiile acide pentru 30 de minute sau o oră. Dinții care au fost imersați în soluția de acid ortofosforic lichid pentru 24 și 96 de ore prezintă o radiotransparență dentinară și lipsa completă a smalțului.

**Concluzii.** Acizii în stare lichidă pot penetra mai ușor structura smalțului și pot demineraliza mai în profunzime decât cei în stare de gel. Soluția lichidă de acid ortofosforic a fost cea mai eficientă în demineralizarea smalțului și a dentinei. Soluția de acid acetic a afectat doar superficial smalțul dentar.

La microscopul SEM s-au putut observa diferite tipuri de demineralizări ale smalțului și ale dentinei în funcție de soluția acidă folosită. Din punct de vedere radiologic nu au fost prezente radiotransparențe, deoarece soluțiile acide au erodat complet suprafața smalțului. Acest studiu poate contribui la înțelegerea principiului de bază al demineralizării dentare și efectului eroziunii asupra cristalelor de hidroxiapatită.

#### **Studiul 4. Cercetare in vitro privind un material experimental de infiltrare a cariilor incipiente**

**Obiective.** Studiul prezent își propune realizarea unui material experimental de infiltrare a cariilor incipiente, pe bază de rășină compozită, radio-opacă și cu eliberare de fluor și compararea lui cu materialul de infiltrare comercială (Icon, DMG, Germania).

**Material și metodă.** S-a făcut o selecție a dinților extrași, criteriul căutat a fost prezența petelor albe cretoase pe suprafața smalțului, fără lipsă de substanță dură dentară, cu afectarea dintelui limitată la treimea exterioară a dentinei. În studiul prezent au fost incluși  $n=8$  dinți care s-au încadrat în criteriile menționate anterior. În situația inițială au fost efectuate fotografiile și s-a măsurat culoarea dinților cu ajutorul spectrofotometrului (VITA Easyshade® Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germania). Petele albe cretoase au fost examinate cu DIAGNODent™ pen (Kavo Kerr, CA, USA) pentru a detecta caria în interiorul structurii dentare. Morfologia suprafețelor afectate a fost examinată cu ajutorul microscopului electronic de baleiaj (SEM Inspect™ S, FEI, Hillsboro, OR, USA). În ultima etapă s-au făcut radiografiile digitale.

Patru din cele opt pete albe cretoase au fost infiltrate cu sistemul ICON, respectând protocolul de lucru indicat de firma DMG (2 minute Icon-Etch, 30 de secunde spălare și uscare, 30 de secunde Icon-Dry, 3 minute Icon-Infiltrant, 40 de secunde fotopolimerizare, 1 minut Icon-Infiltrant, 40 de secunde de fotopolimerizare și finisare). Celelalte patru leziuni carioase au fost infiltrate cu materialul experimental (respectând pașii sistemului ICON, doar etapa de infiltrare fiind diferită: în locul aplicării materialului comercial din seringă, s-a aplicat materialul experimental cu ajutorul unui microaplicator dentar). După infiltrare, toate examinările paraclinice au fost repetate: fotografiere, citirile cu spectrofotometrul, scanarea cu microscopul de baleiaj, verificarea cu DIAGNODent™ pen și executarea radiografiilor.

**Rezultate.** S-au calculat diferențele de culoare pentru valorile obținute de la aparatul VITA Easyshade®. Valoarea medie de  $\Delta E$  a dinților tratați cu materialul experimental este de 10,06 și a celor infiltrați cu sistemul Icon este de 9,12. Aceste rezultate arată o eficiență similară, chiar mai bună, a materialului experimental.

Pe baza valorilor medii obținute de DIAGNODent™ pen s-a realizat o analiză statistică. Rezultatele obținute prin testul statistic Anova One Way și testul ad-hoc Tukey arată o diferență semnificativă ( $p=0.00553$ ) pentru dinții tratați cu ICON, iar la cei la care s-a aplicat materialul experimental nu există diferență statistică semnificativă ( $p=0.74676$ ). La toate fotografiile efectuate se poate observa o îmbunătățire clară în situațiile postoperatorii, atât când s-a folosit materialul experimental, cât și în cazul sistemului Icon.

Microscopul electronic de baleiaj (SEM) ne oferă imagini cu o mărire de 1000x ale suprafeței dentare afectate și ale celei infiltrate cu materialul experimental. Se pot observa diferite aspecte ale smalțului dentar în funcție de structura și afectarea sa și un aspect uniform după tratarea țesutului dur infiltrat cu ambele materiale.

Radiologic se pot observa demineralizările dentare proximale (radio-transparente) cu o extindere în smalțul dentar până la straturile superficiale ale dentinei. La dinții tratați cu sistemul Icon nu se pot observa diferențe după infiltrare, materialul fiind radio-transparent. Dinții infiltrați cu materialul experimental prezintă o ușoară radio-opacitate, mai ales pe suprafața exterioară a smalțului.

**Concluzii.** Materialul experimental a obținut efecte estetice superioare comparativ cu sistemul Icon, luând în considerare analiza fotografică și rezultatele spectrofotometrice. Scanările cu DIAGNODent™ pen ne arată rezultate mai bune pentru materialul comercial în ceea ce privește infiltrarea în profunzime.

Rezultatele obținute prin acest studiu ar fi mai obiective dacă s-ar infiltra leziuni de pete albe cretoase standardizate, de aceeași profunzime și afectare dentară. Valorile obținute pot varia în funcție de etiologia, durata de formare și profunzimea cariei incipiente. Astfel, repetarea acestui protocol de lucru pe un lot mai mare de dinți la care s-a făcut o demineralizare uniformă, ar fi o direcție importantă de luat în vedere.

## **Concluzii generale**

Teza de față cuprinde 4 studii distincte care au avut ca obiectiv cercetări despre tehnica minim invazivă de infiltrație a cariilor incipiente și a petelor albe cretoase. Această temă a fost abordată din mai multe direcții: chestionarea medicilor stomatologi din România privind tehnicile de profilaxie și tratamente minim invazive; prezentarea unor cazuri clinice, punând accent pe etiologia petelor albe cretoase și două studii in vitro, efectuate pe dinți extrași, care au avut ca scop realizarea unor pete albe cretoase uniforme și tratarea lor prin două materiale de infiltrație: sistemul Icon și un material experimental.

Pe baza datelor obținute în cele patru studii se pot formula următoarele concluzii:

1. În chestionarele distribuite medicilor stomatologi, aceștia și-au exprimat interesul crescut de a utiliza un material pentru infiltrația cariilor în faza incipientă și ameliorarea aspectului petelor albe cretoase.
2. Principalul motiv pentru care nu se utilizează infiltrația cu rășină în rândul stomatologilor germani este același ca și în România: rezultatele depind în mare măsură de complianța și motivația pacientului.
3. Creșterea importantă a utilizării infiltrației cu rășini în ultimii 6 ani se poate datora numeroaselor cursuri și congrese organizate pentru medici stomatologi, prezentărilor de cazuri pe diferite grupuri de social media, efortului distribuitorilor de materiale dentare și nu în ultimul rând, educației studenților.
4. Diagnosticul și tratamentul precoce al cariilor dentare inițiale este foarte important în stomatologia minim invazivă. Este esențial să se cunoască indicațiile și tehnicile prin care se tratează petele albe cretoase.
5. Rezultatele obținute din primul studiu in vitro arată că acizii în stare lichidă pot penetra mai ușor structura smalțului, demineralizând mai profund comparativ cu acizii în stare de gel. Soluția lichidă de acid ortofosforic a fost cea mai eficientă în demineralizarea smalțului și a dentinei. Soluția de acid acetic a afectat doar superficial smalțul dentar.
6. La microscopia SEM s-au putut observa diferite tipuri de demineralizări ale smalțului și ale dentinei în funcție de soluția acidă folosită.
7. Studiile din literatură au demonstrat că cea mai eficientă metoda de a trata cariile incipiente este combinarea infiltrației leziunilor cu fluorizarea topică regulată, la un interval de 6 luni.
8. În cadrul lucrării de doctorat, pornind de la compoziția sistemului Icon, s-a realizat cu succes un material experimental de infiltrație a cariilor incipiente radio-opac, cu eliberare de fluor.
9. Tratamentul cu materialul experimental a obținut efecte estetice similare, chiar superioare, față de sistemul Icon, dar DIAGNODent™ pen ne arată rezultate mai bune pentru materialul comercial. Microscopia electronică de baleiaj arată o infiltrație uniformă a leziunilor tratate cu ambele materiale.

## **Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei**

Studiile efectuate în cadrul tezei de doctorat sunt de actualitate, fapt demonstrat prin publicarea rezultatelor cercetării în reviste de specialitate internaționale ISI, reviste naționale indexate BDI și prezentarea rezultatelor la manifestări științifice.

Materialul de infiltrație a cariilor incipiente și a petelor albe cretoase studiat este relativ nou introdus în domeniul stomatologiei orientată pe prevenție, formulând conceptul de terapie neinvazivă și minim invazivă.

Un aspect important este dimensiunea semnificativă a eșantionului de lucru pentru chestionarea medicilor stomatologi din România. Un element de originalitate constă în repetarea chestionării medicilor

stomatologi la un interval de șase ani (2016 și 2022) pentru a compara dinamica evoluției terapiilor minim invazive în stomatologia din România.

Un alt aspect de originalitate îl reprezintă datele imagistice obținute prin tehnologia SEM ale suprafețelor dentare intacte, ale celor demineralizate cu diferite tipuri de soluții acide și ale celor infiltrate atât cu un material experimental cât și cu sistemul Icon.

Caracterul de originalitate este reprezentat de faptul că pe baza informațiilor dobândite s-a elaborat și studiat alături de materialul comercial de infiltrare a cariilor dentare (sistemul ICON) și un material experimental, cu proprietăți îmbunătățite. Validarea unor noi produse originale presupune o compoziție nouă în vederea îndeplinirii obiectivelor propuse. În colaborare cu cercetători de la Institutul de Chimie "Raluca Ripan" - Universitatea "Babeș-Bolyai" a fost conceput un material experimental care prezintă proprietăți îmbunătățite față de singurul material de infiltrare compozită de pe piață (Icon, DMG, Germania): prezintă radio-opacitate și eliberare de fluor. Ne-am propus, pe baza rezultatelor obținute în cadrul acestei teze, să continuăm studiile materialului experimental.

Rezultatele obținute în cadrul tezei de doctorat oferă noi perspective asupra stomatologiei preventive care ar putea revoluționa abordarea minim invazivă a cariilor incipiente prin potențialul lor promițător. Studiile incluse în teză au permis obținerea unor rezultate de valoare clinică mare datorită importanței atribuite profilaxiei dentare și tratamentelor non- și minim invazive, atât în rândul pacienților cât și al medicilor stomatologi.

Colectarea dinților extrași a fost aprobată de către Comisia de Etică a U.M.F. Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca (271/30.07.19).

Realizarea studiilor de cercetare din teză a fost posibilă datorită finanțării obținute în cadrul Contractului de finanțare cu Universitatea de Medicină și Farmacie "Iuliu Hațieganu", Cluj-Napoca pentru Proiectele de Cercetare Doctorală pe parcursul a doi ani de implementare (nr. 7690/62/15.04.2016 și 5200/54/01.03.2017).



---

SUMMARY OF THE PHD THESIS

# Research on an experimental material for infiltration of demineralized dental structures

---

PhD Student **Ágnes Kolumbán (căs. Szekely)**

---

PhD Coordonator Prof.dr. **Mîndra Eugenia Badea**

---



**UMF**  
UNIVERSITATEA DE  
MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
**IULIU HAȚIEGANU**  
CLUJ-NAPOCA

# TABLE OF CONTENTS

<b>INTRODUCTION</b>	<b>13</b>
<b>STATE OF ART</b>	<b>15</b>
<b>1. White spot lesions (WSL)</b>	<b>17</b>
<b>2. Etiology of white spot lesions</b>	<b>17</b>
2.1. Systemic causes	18
2.1.1. Dental fluorosis	18
2.1.2. Molar incisor hypomineralization (MIH)	20
2.2 Local causes	24
2.2.1. Demineralization and dental caries	24
2.2.2. Traumatic hypomineralization	26
<b>3. Treatment of early caries lesions</b>	<b>29</b>
3.1. Non-invasive treatments	29
3.2. Minimally invasive treatments	32
3.3. Invasive treatments	37
<b>PERSONAL CONTRIBUTION</b>	<b>41</b>
<b>1. Research hypothesis. Objectives</b>	<b>43</b>
<b>2. Study 1. Non-invasive and minimally invasive treatment methods of incipient dental caries used by dentists in Romania</b>	<b>45</b>
2.1. Introduction	45
2.2. Work hypothesis	46
2.3. Material and method	46
2.4. Results	49
2.5. Discussion	55
2.6. Conclusions	57
<b>3. Study 2. Minimally invasive approach of vestibular white spot lesions</b>	<b>59</b>
3.1. Introduction	59
3.2. Work hypothesis	61
3.3. Material and method	61
3.4. Results	61
3.5. Discussion	68
3.6. Conclusions	70

<b>4. Study 3. An evaluation of the demineralizing effects of various acidic solutions</b>	<b>71</b>
4.1. Introduction	71
4.2. Work hypothesis	72
4.3. Material and method	72
4.4. Results	74
4.4.1. Photographs	74
4.4.2. Scanning electron microscopy (SEM)	79
4.4.3. VITA Easyshade®	81
4.4.4. DIAGNODent™ pen	83
4.4.5. Radiography	85
4.5. Discussion	85
4.6. Conclusions	87
<b>5. Study 4. In vitro research on an experimental material for infiltrating early caries lesions</b>	<b>89</b>
5.1. Introduction	89
5.2. Work hypothesis	90
5.3. Material and method	91
5.4. Results	92
5.4.1. Photographs	92
5.4.2. VITA Easyshade®	93
5.4.3. Scanning electron microscopy (SEM)	94
5.4.4. DIAGNODent™ pen	95
5.4.5. Radiography	97
5.5. Discussion	98
5.6. Conclusions	99
<b>6. General conclusions</b>	<b>101</b>
<b>7. Originality and innovative contributions of the thesis</b>	<b>103</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>105</b>

**Key words:** dental demineralization, early dental caries, acid solutions, ICON system, white spot lesions, minimally invasive dentistry, dental caries infiltration.

## INTRODUCTION

The Icon system (DMG, Germany) is a relatively new material used for the infiltration of incipient dental caries on the vestibular and proximal surfaces. It is a fluid composite resin that penetrates deep into the demineralized enamel and after photopolymerization, seals the affected area, stopping the dynamic process between the bacterial plaque and the tooth, stopping the evolution of the caries lesions. By rehydrating the interprismatic spaces of the enamel, the chalky white spot appearance disappears. This is a recent minimally invasive concept that successfully treats incipient enamel caries or those in the external third of the dentin, without sacrificing tooth tissue.

As part of my doctoral thesis, I proposed, in collaboration with the "Raluca Ripan" Institute of Chemistry, to improve the properties of this infiltration material. Thus, a radio-opaque substance was incorporated into the material to facilitate both observing the depth and homogeneity of the infiltration, as well as monitoring it over time. A fluoride-releasing composite resin significantly reduces the risk of secondary marginal caries. After making this experimental material, we compared it with the Icon system through microscopic, spectrophotometric, photographic and radiological analyses.

By improving the properties of the Icon system, we will be able to supervise the treated areas, and the risk of secondary caries will decrease significantly.

## PERSONAL CONTRIBUTION

This doctoral thesis comprises of four stages, each representing an independent study:

1. A market study assessing the use of non-invasive and minimally invasive treatment methods among dentists in Romania.
2. An in vivo study presenting the diagnosis and treatment of 20 clinical cases of early carious lesions.
3. An in vitro study of tooth demineralization using different acid solutions to mimic early caries lesions.
4. Finally, an in vitro research on an experimental material for infiltration of demineralized dental structures.

### **Study 1. Non-invasive and minimally invasive treatment methods of incipient dental caries used by dentists in Romania**

**The objectives** of this study are to find out the point of view of Romanian dentists regarding prophylaxis techniques and minimally invasive treatments and to compare the responses of the questionnaires completed in 2016 with those of 2022.

**Material and method.** Questionnaires were sent to a random sample of dentists, who evaluated a wide range of measures to treat early carious lesions. Responses were collected electronically: 394 responses were collected in 2016 and 402 responses in 2022.

**Results.** There has been a remarkable increase (269%) in resin infiltration as an early caries treatment option over the past 6 years. With the exception of direct veneers (which increased by 37%), all other treatment options were used less in 2022.

In 2022, 46% of dentists said that they prefer to treat early proximal carious lesions with fillings, 9% less than in 2016. There is a 74% increase in the use of the infiltration technique (30% in 2022) compared to 6 years ago (17% in 2016).

In 2016, 56% of dentists had heard of the infiltration technique, of which 3% used it often, 23% rarely, 30% only heard about it but had not used it yet and 44% have not heard of this technique. In 2022 the results changed in a favourable direction: 72% of dentists have heard of Icon therapy, 9% of them use it frequently (210% more than in 2016), 37% use it rarely (61% more much more than six years ago), 25% have heard of it but haven't used it yet and only 28% have never heard of it. Most dentists would be interested in using the resin infiltration technique (96% in 2016 and 97% in 2022).

**Conclusions.** In the case of white spot lesions and incipient proximal dental caries, their early diagnosis and treatment are crucial to prevent these lesions from becoming cavitary. Minimally invasive dental techniques and materials should be included in every dentist's portfolio of treatment options. These techniques offer an addition to non-invasive and invasive treatment options.

## Study 2. Minimally invasive approach of vestibular white spot lesions

**The objective** of this study is to analyse different causes of white spot lesions. For this purpose, 20 clinical cases were studied, the results obtained were represented graphically, and the treatment stages were illustrated by photographs.

**Material and method.** 20 cases of early vestibular caries were diagnosed and treated with the Icon system (DMG, Germany). The diagnosis of the lesions were after a meticulous clinical examination, combined with a complex questioning of the patient's medical and dental history. To treat white spot lesions, the official infiltration protocol of the Icon system was used.

**Results.** The treated patients were from Romania, where the tap water is not fluoridated. This is probably the main reason why no cases of dental fluorosis have been found. Two people (10%) had traumatic hypomineralization following accidents involving their deciduous teeth. No patient had incisor molar hypomineralization (MIH) syndrome. The most common cause (85%) of incipient dental caries was demineralization, due to increased consumption of acidic drinks and/or poor oral hygiene. One patient (5%) was diagnosed with systemic hypomineralization of the teeth.

**Conclusions.** Early diagnosis and treatment of initial dental caries is very important in minimally invasive dentistry. A good knowledge of the materials and treatment techniques for the white spot lesions is also required. It is essential for dentists to understand the aesthetic requirements of their patients and to be able to provide treatment plans without damaging healthy tooth tissues.

## Study 3. An evaluation of the demineralizing effects of various acidic solutions

**The objective** of this study is to evaluate which of the techniques and acid solutions used can induce dental carious lesions similar to natural ones.

**Material and method.** 30 intact and caries-free premolars and molars were included in the study. Photographs were taken in their original state, the color of the teeth was measured (with VITA Easyshade® Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). The teeth were examined with DIAGNODent™ pen (Kavo Kerr, CA, USA) and their surface morphology was examined with a scanning electron microscope (SEM Inspect™ S, FEI, Hillsboro, OR, USA). Mesio-distal incidence digital radiographs were taken.

Six types of acid solutions were prepared: two gels (15% hydrochloric acid, 35% orthophosphoric acid) and four liquid solutions (80% lactic acid, 37% orthophosphoric acid, 85% liquid formic acid and an acid solution with: 2.2 mM CaCl<sub>2</sub>; 2.2 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0.05 M acetic acid). N=5 teeth were placed in each acid solution. Teeth having two areas of demineralization (one on their vestibular and one on their oral surface), n=10 areas were analyzed for each type of acid. All measurements were repeated after 30 minutes, after one hour, after 24 and after 96 hours of acid etching. The obtained results were subjected to statistical analysis in order to compare the variables of immersion time or storage medium.

**Results.** SEM images showed the appearance of chemically eroded enamel at 1000x magnification. In the case of severe dental erosions, when the dentin was exposed, round, open dentinal tubules were observed, their collagen matrix was missing. This aspect can be observed in teeth treated with liquid orthophosphoric acid solution. On the other hand, the teeth immersed in the acetic acid solution showed only a slight demineralization at the enamel level.

A medium color change were seen after treating the teeth for 30 minutes and a small change after treating them for an hour. It is evident that after 24 hours of demineralization, the ΔE3 values are increased. The most important results were obtained after 96 hours of acid immersion. This aspect can be explained by the spectrophotometric difference between enamel and dentin.

The results obtained by the DIAGNODent pen were analysed statistically, comparing the results from each immersion environment of the samples at different immersion times. The only immersion medium in which the One Way Anova test did not show statistically significant differences between the values obtained at different immersion periods was the orthophosphoric acid gel (p=0.07092).

Analysing the radiographs, no radio-transparencies were observed on the surface of teeth treated with acid solutions for 30 minutes or an hour. Teeth that have been immersed in liquid orthophosphoric acid solution for 24 and 96 hours show dentinal radio-translucency and complete lack of enamel.

**Conclusions.** Acids in liquid state can more easily penetrate the enamel structure and demineralize deeper than those in gel state. Liquid orthophosphoric acid solution was the most effective in demineralizing the enamel and dentin. The acetic acid solution affected only superficially the tooth enamel.

Under the SEM microscope, different types of enamel and dentin demineralization were observed depending on the acid solution used. From a radiological point of view, no radio-translucencies were present, because the acid solutions completely eroded the enamel surface. This study may contribute to the understanding of the basic principle of dental demineralization and the effect of erosion on hydroxyapatite crystals.

#### **Study 4. In vitro research on an experimental material for infiltrating early caries lesions**

**Objectives.** The present study aims to create an experimental radio-opaque and fluoride-releasing infiltration resin composite material for incipient dental caries and compare it with the only existent commercial infiltration material (Icon, DMG, Germany).

**Material and method.** A selection of the extracted teeth was made, the sought criterion was the presence of a natural white spot lesion on the surface of the enamel. These incipient caries lesions were limited to the outer third of the dentine. In the present study, n=8 teeth that fit the previously mentioned criteria were included. Photographs were taken in the initial situation and tooth color was measured using a spectrophotometer (VITA Easyshade® Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). The white spot lesions were examined with the DIAGNODent™ pen (Kavo Kerr, CA, USA) to detect caries lesions within the tooth structure. The morphology of the affected surfaces was examined using a scanning electron microscope (SEM Inspec™ S, FEI, Hillsboro, OR, USA). Finally, in the last stage, digital radiographs were taken.

Four of the eight white spot lesions were infiltrated with the ICON system, following the work protocol indicated by DMG (2 minutes Icon-Etch, 30 seconds wash and dry, 30 seconds Icon-Dry, 3 minutes Icon-Infiltrant, 40 seconds light curing, 1 minute Icon-Infiltrant, 40 seconds light curing and finishing). The other four carious lesions were infiltrated with the experimental material (following the steps of the ICON system, only the infiltration step being different: instead of applying the commercial material from the syringe, the experimental material was applied using a dental micro brush). After infiltration, all paraclinical examinations were repeated: photography, readings with the spectrophotometer, scanning with the scanning microscope, checking with the DIAGNODent™ pen and taking radiographs.

**Results.** Color differences were calculated for the values obtained from the VITA Easyshade®. The average value of  $\Delta E$  of the teeth treated with the experimental material was 10.06 and of those infiltrated with the Icon system was 9.12. These results show a similar, even better, efficiency of the experimental material.

Based on the average values obtained by DIAGNODent™ pen, a statistical analysis was performed. The results obtained by the Anova One Way statistical test and Tukey's ad hoc test showed a significant difference ( $p=0.00553$ ) for the teeth treated with ICON, and for those treated with the experimental material there was no significant statistical difference ( $p=0.74676$ ). In all the photographs taken, a clear improvement can be seen in the postoperative situations, both when the experimental material was used and in the case of the Icon system.

The scanning electron microscope (SEM) showed images with a 1000x magnification of the affected tooth surface and the one infiltrated with the experimental material. Different aspects of tooth enamel were observed depending on its structure and damage, and a uniform appearance after treatment of infiltrated hard tissue with both materials.

Radiologically, proximal dental demineralisations (radio-transparencies) were observed that extended until the superficial third of the dentin. In the teeth treated with the Icon system, no differences were observed after infiltration, the material being radio-transparent. The teeth infiltrated with the experimental material show a slight radio-opacity, especially on the outer surface of the enamel.

**Conclusions.** The experimental material achieved superior aesthetic effects compared to the Icon system, taking into account the photographic analysis and spectrophotometric results. Scans with the DIAGNODent™ pen showed significantly better results for the commercial material in terms of depth infiltration.

The results obtained by this study would be more objective if standardized white spot lesions of the same depth and dental involvement were infiltrated. The values obtained may vary depending on the etiology, the duration of formation and the depth of the incipient caries. Thus, repeating this work protocol on a larger group of teeth that were uniformly demineralized would be an important direction to consider.

## **General conclusions**

The present thesis includes 4 distinct studies that had as their objective to research the minimally invasive technique of infiltrating incipient dental caries and white spot lesions. This subject was approached from several directions: surveying dentists in Romania regarding prophylaxis techniques and minimally invasive treatments, presentation of clinical cases, emphasising the etiology of white spot lesions and two in vitro studies, carried out on extracted teeth, which aimed to create uniform incipient caries and treat them with two infiltration materials: the Icon system and an experimental material.

Based on the data obtained in the four studies, the following conclusions can be formulated:

1. In the questionnaires distributed, the dentists expressed increased interest in using a material to infiltrate early caries and improve the appearance of white spot lesions.
2. The main reason why resin infiltration is not used among German dentists is the same as in Romania: the results are largely depend on the patient's compliance and motivation.
3. The significant increase in the use of resin infiltration in the last 6 years can be due to the many courses and congresses organised for dentists, case presentations in various social media groups, the effort of dental material distributors and last but not least, the education of students.
4. Early diagnosis and treatment of initial dental caries is very important in minimally invasive dentistry. It is essential to know the indications and techniques by which white spot lesions are treated.
5. The results obtained from the first in vitro study show that acids in liquid state can more easily penetrate the enamel structure, demineralizing more deeply compared to acids in gel state. Liquid orthophosphoric acid solution was most effective in demineralizing enamel and dentin. The acetic acid solution only superficially affected tooth enamel.
6. Under SEM microscopy, different types of enamel and dentin demineralization could be observed depending on the acid solution used.
7. Studies in the literature have shown that the most effective method of treating early caries lesions is to combine enamel infiltration with regular topical fluoridation at 6-month intervals.
8. As part of the doctoral thesis an experimental radio-opaque and fluoride-releasing material for infiltrating incipient dental caries was successfully created.
9. The experimental material achieved superior aesthetic results compared to the Icon system based on the spectrophotometric values. The DIAGNODent™ pen presents better results for the commercial material. Scanning electron microscopy shows uniform infiltration of lesions treated with both materials.

## **Originality and innovative contributions of the thesis**

The studies carried out in this doctoral thesis are up-to-date, a fact demonstrated by the publication of the research results in specialised international ISI rated journals, national BDI indexed journals and the presentation of the results at scientific events.

The studied material for infiltrating early caries and white spot lesions is relatively newly introduced in the field of prevention-oriented dentistry, formulating the concept of non-invasive and minimally invasive therapy.

An important aspect is the significant size of the working sample for the survey of dentists in Romania. An element of originality consists in repeating the questionnaire after six years (2016 and 2022) in order to compare the dynamics of the evolution of the minimally invasive dental therapies in Romania.

Another aspect of originality are the images obtained by SEM technology of intact dental surfaces, of those demineralized with different types of acid solutions and of those infiltrated with both materials: the experimental one and the Icon system.

Within this doctoral thesis an experimental material with improved properties was developed and studied alongside the commercial dental caries infiltration material (the ICON system). In collaboration with

researchers from the "Raluca Ripan" Institute of Chemistry - "Babeş-Bolyai" University in Cluj-Napoca, an experimental material was designed that presents improved properties compared to the only composite infiltration material on the market (Icon, DMG, Germany): it presents radio -opacity and it releases fluoride. Based on the results obtained in this thesis, we propose to continue the studies of the experimental material.

The results obtained in the doctoral thesis offer new perspectives on preventive dentistry that could revolutionise the minimally invasive approach of early dental caries through their promising potential. Studies included in the thesis have high clinical values due to the importance attributed to dental prophylaxis, non-invasive and minimally-invasive treatments, both among patients and dentists.

The collection of the extracted teeth was approved by the Ethics Commission of the U.M.F. Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca (271/30.07.19).

This research was possible with the financing for the doctoral research projects obtained from the University of Medicine and Pharmacy "Iuliu Hațieganu" Cluj-Napoca (no. 7690/62/ 15.04.2016 and 5200/54/01.03.2017).