

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
„CAROL DAVILA” DIN BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ
FACULTATEA DE FARMACIE
DEPARTAMENTUL CHIMIE ANORGANICĂ



*Rolul oligoelementelor anorganice asupra
structurilor dure dentare în contextul mineralizării*

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

PROF. UNIV. DR. NACEA VERONICA

Student- doctorand

MARTA MARIA-MONICA

2024

CUPRINS

CUPRINS	Error! Bookmark not defined.
LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE	Error! Bookmark not defined.
ABREVIERI	Error! Bookmark not defined.
LISTA FIGURI	Error! Bookmark not defined.
LISTA TABELE	Error! Bookmark not defined.
MULȚUMIRI	Error! Bookmark not defined.
Introducere	Error! Bookmark not defined.
Motivația alegerii temei	Error! Bookmark not defined.
Importanța și actualitatea temei.....	Error! Bookmark not defined.
Încadrarea temei în preocupările internaționale, naționale și zonale	Error! Bookmark not defined.
defined.	Error! Bookmark not defined.
Obiectivele științifice pentru rezolvare în cadrul cercetării științifice	Error! Bookmark not defined.
defined.	Error! Bookmark not defined.
Comentarii sintetice privind metoda de cercetare abordată și metodologia cercetării	Error! Bookmark not defined.
defined.	Error! Bookmark not defined.
Evidențierea caracterului interdisciplinar pentru teza de doctorat	Error! Bookmark not defined.
defined.	Error! Bookmark not defined.
PARTEA GENERALĂ	
1. Structura macroscopică și microscopică a țesuturilor dure dentare în contextul mineralizării	Error! Bookmark not defined.
1.1. Structura macroscopică a tesuturilor dure dentare	Error! Bookmark not defined.
1.1.1. Smalțul	Error! Bookmark not defined.
1.1.3. Camera pulpară și canalul radicular	Error! Bookmark not defined.
1.2. Structura microscopică a țesuturilor dure dentare	Error! Bookmark not defined.
1.2.1. Smalțul	Error! Bookmark not defined.
1.2.2. Dentina	Error! Bookmark not defined.
1.3. Particularități ale compoziției chimice a structurilor dure dentare	Error! Bookmark not defined.
defined.	Error! Bookmark not defined.
1.3.1. Smalțul	Error! Bookmark not defined.
1.3.2. Dentina	Error! Bookmark not defined.
1.3.3. Mineralizarea versus demineralizarea dinților	Error! Bookmark not defined.
1.3.4. Remineralizarea canalelor radiculare cu ajutorul materialelor de obturatie	Error! Bookmark not defined.
defined.	Error! Bookmark not defined.

2. Compuși naturali și de sinteză implicați în mineralizarea țesuturilor dure dentare **Error! Bookmark not defined.**
- 2.1. Suplimente alimentare implicate în mineralizarea țesuturilor dure dentare.....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.2. Medicamente cu prescripție medicală și fără prescripție medicală bogate în calciu, magneziu și fosfor**Error! Bookmark not defined.**
- 2.3. Produse pentru igienă orală cu extracte vegetale sau de sinteză implicate în mineralizarea țesuturilor dure dentare**Error! Bookmark not defined.**
- 2.4. Produse pentru fluorizare topică și internă implicate în mineralizarea țesuturilor dure dentare**Error! Bookmark not defined.**
- 2.5. Materiale de obturație cu conținut bogat în bioelemente implicate în mineralizarea țesuturilor dure dentare**Error! Bookmark not defined.**
3. Tehnici de caracterizare a structurilor dure dentare **Error! Bookmark not defined.**
- 3.1. Microscopia electronică de scanare (SEM) și difracția cu raze X (XRD)**Error! Bookmark not defined.**
- 3.2. Modelul FEM al dinților**Error! Bookmark not defined.**
- PARTEA SPECIALĂ
4. Ipoteze de lucru, scopul și obiectivele cercetărilor **Error! Bookmark not defined.**
5. Metodologia generală a cercetării **Error! Bookmark not defined.**
- 5.1. Microscopia electronică de scanare și Modelul de Elemente Finite**Error! Bookmark not defined.**
- 5.2. Pregătirea probelor metalografice.....**Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.1. Pregătirea suprafețelor **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.2 Atacul chimic **Error! Bookmark not defined.**
6. Studiul 1. Cercetare privind variabilitatea compoziției chimice prin analiza SEM în cazul unui set de dinți pentru o populație din zona orașului București **Error! Bookmark not defined.**
- 6.1. Introducere**Error! Bookmark not defined.**
- 6.2. Material și metodă**Error! Bookmark not defined.**
- 6.2.1 Determinarea chimică în dinți folosind microscopia SEM**Error! Bookmark not defined.**
- 6.3. Rezultate.....**Error! Bookmark not defined.**
- 6.4. Discuții**Error! Bookmark not defined.**
- 6.5. Concluzii**Error! Bookmark not defined.**
7. Studiul 2. Modelarea FEM a comportamentului unui dinte în funcție de starea de mineralizare. **Error! Bookmark not defined.**
- 7.1. Introducere**Error! Bookmark not defined.**
- 7.2. Material și metodă**Error! Bookmark not defined.**

7.2.1. Modelarea elementului finit a comportamentului unui dinte normal comparativ cu unul mineralizat	Error! Bookmark not defined.
7.3. Rezultate.....	Error! Bookmark not defined.
7.4. Discuții	Error! Bookmark not defined.
7.5. Concluzii	Error! Bookmark not defined.
8. Studiul 3. Analiza concentrațiilor de elemente bioactive la nivelul interfeței dentinei cu sealerul Bioceram	Error! Bookmark not defined.
8.1. Introducere	Error! Bookmark not defined.
8.2. Material și metodă	Error! Bookmark not defined.
8.3. Rezultate.....	Error! Bookmark not defined.
8.4. Discuții	Error! Bookmark not defined.
8.5. Concluzii	Error! Bookmark not defined.
9. Discuții finale	Error! Bookmark not defined.
10. Concluzii generale, aspecte originale și direcții viitoare de cercetare	Error! Bookmark not defined.
Bibliografie	Error! Bookmark not defined.

Problema mineralizării structurilor dure din organismul uman în contextul variațiilor elementelor lor chimice în funcție de vârstă reprezintă o preocupare intensă în prezent în medicină și farmacie. Pe piața farmaceutică, există în prezent oferte extrem de diverse cu privire la suplimentele alimentare cu conținut diferit în anumite elemente chimice care se găsesc predominant în structurile osoase. Deoarece dinții reprezintă și ei structuri de acest tip, care se pot aborda mai ușor, problema mineralizării structurilor dure dentare a reprezentat un subiect important de cercetare și discuție de-a lungul timpului datorită influenței pe care o are asupra funcționării întregului organism. În practică, pentru îmbunătățirea concentrației de minerale din oase, există în prezent multiple suplimente alimentare care acționează asupra acestora. Cu toate acestea, s-a realizat mai puțină cercetare asupra compoziției chimice a dinților și modului în care aceste concentrații minerale influențează comportamentul lor.

Alegerea acestei teme de cercetare a fost motivată și de nevoia imperativă de a înțelege mai bine relația dintre materialele de obturație și impactul lor asupra structurilor dentare, în special în contextul mineralizării. Am observat că, deși multe materiale de obturație sunt eficiente în sigilarea spațiului radicular, efectele lor pe termen lung asupra sănătății dentare pot varia semnificativ, iar unele materiale pot chiar să inhibe procesele naturale de regenerare.

Ipoteze de lucru, scopul și obiectivele cercetărilor

Scopul principal al acestei teze de doctorat este de a analiza și caracteriza structurile dentare în contextul proceselor de mineralizare și interacțiunilor farmacodinamice. Cercetarea se concentrează pe elucidarea modului în care materialele de obturație pot influența procesele naturale de remineralizare și regenerare a țesuturilor dentare, atât la nivel coronar cât și radicular.

Obiective specifice:

1. Evaluarea compoziției chimice a structurilor dure dentare: dentina și smalțul
2. Caracterizarea modificărilor structurale și mineralogice ale smalțului și dentinei în contact cu saliva.
3. Analizarea concentrațiilor de elemente bioactive (Ca, Na, Mg, P, etc) din dentină la interfața cu materialul de obturație radiculară ca sigilant bioceramic în contextul remineralizării.

Metodologia generală a cercetării

Metodologia cercetării a fost de analiză structurală a dinților folosind: Microscopia electronică de scanare, modelul de elemente finite și atacul chimic prin polisare electrolitică.

Microscopia electronică de scanare (SEM) este o tehnică avansată de imagistică care utilizează un fascicul de electroni pentru a produce imagini de înaltă rezoluție ale suprafeței speci­menelor.

Modelul de Elemente Finite (FEM) este o metodă numerică utilizată pentru a analiza comportamentul mecanic și structural al dinților sub diverse condiții de încărcare. FEM implică crearea de modele tridimensionale detaliate ale dinților, bazate pe imagini medicale, cum ar fi tomografiile computerizate. Aceste modele permit simularea și evaluarea distribuției stresurilor și deformațiilor în structurile dentare, oferind o înțelegere aprofundată a modului în care dinții reacționează la forțele masticatorii și la alte solicitări.

Studiul 1. Cercetare privind variabilitatea compoziției chimice prin analiza SEM în cazul unui set de dinți pentru o populație din zona orașului București

Scopul acestui studiu a fost evaluarea compoziției chimice a structurilor dure dentare: dentina și smalțul.

Material și metodă

S-a efectuat determinarea chimică în dinți folosind microscopia SEM în zona smalțului și a dentinei pentru 32 de dinți aleși aleatoriu de la pacienți din zona Bucureștiului. Criteriul de selecție a fost vârsta.

Rezultate

Un eșantion provenind de la un pacient în vârstă de 50 de ani este prezentat în Figura 1. În zona 1, se poate observa o crăpătură importantă, pe partea stângă, în timp ce pe partea dreaptă, zona 2, se poate observa o incluziune bine definită. De asemenea, interfața dintre dentină și smalț este foarte bine definită. Zonele în care sunt determinate compozițiile chimice sunt curate și specifice acestora

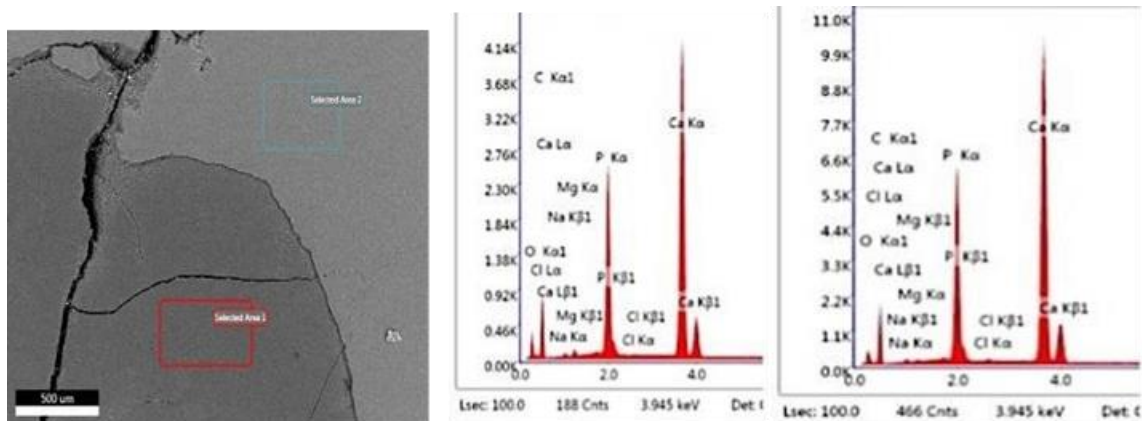


Figura 1. Analiză chimică a unui dinte al unui pacient în vârstă de 50 de ani.

Discuții

Pentru interpretarea rezultatelor furnizate de analiza SEM, au fost determinate compozițiile chimice ale celor 32 de eșantioane analizate, au fost înregistrate procentele volumetrice de carbon, oxigen, fosfor, magneziu, calciu și siliciu. Figura 2 prezintă variația acestor componente în dentină în funcție de vârsta pacienților de unde au fost prelevate dinții. O evaluare mai atentă arată o corelație între ele în funcție de vârstă, toate având o anumită caracteristică cu o singură excepție. În jurul vârstei de 40 de ani, cu excepția conținutului chimic de carbon, toate celelalte elemente chimice ating o valoare minimă. Graficul de variație a procentului de carbon (albastru închis) atinge o valoare maximă la această vârstă. Procentul de oxigen are cele mai mari valori în comparație cu celelalte elemente chimice și în jurul vârstei de 40 de ani prezintă un minim. Variația procentului de calciu arată în jurul vârstei de 40 de ani un conținut minim al acestui element (linia verde). În jurul vârstei de 23 de ani, fiind în procentajul maxim. Al treilea element chimic studiat este fosforul care prezintă în jurul vârstei de 23 de ani o valoare maximă urmată de o valoare minimă la aproximativ 40 de ani. De asemenea, acest element prezintă aceeași variație ca celelalte două. Al patrulea element chimic, carbonul, prezintă o variație total diferită față de celelalte elemente. De-a lungul timpului, au fost înregistrate variații diferite, dar valoarea maximă este și ea în jurul vârstei de 40 de ani. Un fapt interesant este ciclul de valori maxime și minime ale carbonului. Valorile maxime sunt aproximativ la 24, 34, 43, 54 de ani și minimul în interiorul acestor perioade. Conținutul de sodiu (culoare gri) prezintă o variație relativ uniformă, fără maxime și minime excesive, dar așa cum s-a observat la elementele anterioare, valoarea minimă este și ea în jurul vârstei de 40 de ani, în timp ce maximul este în jurul vârstei de 35-38 de ani. Ultimul element chimic înregistrat este magneziul (linia galbenă). Ca și în cazul sodiului, variația

sa este relativ constantă, cu cea mai mică valoare începând de la vârsta de 40 de ani spre 50 de ani. Maximumul este, de asemenea, găsit în jurul vârstei de 25 de ani.

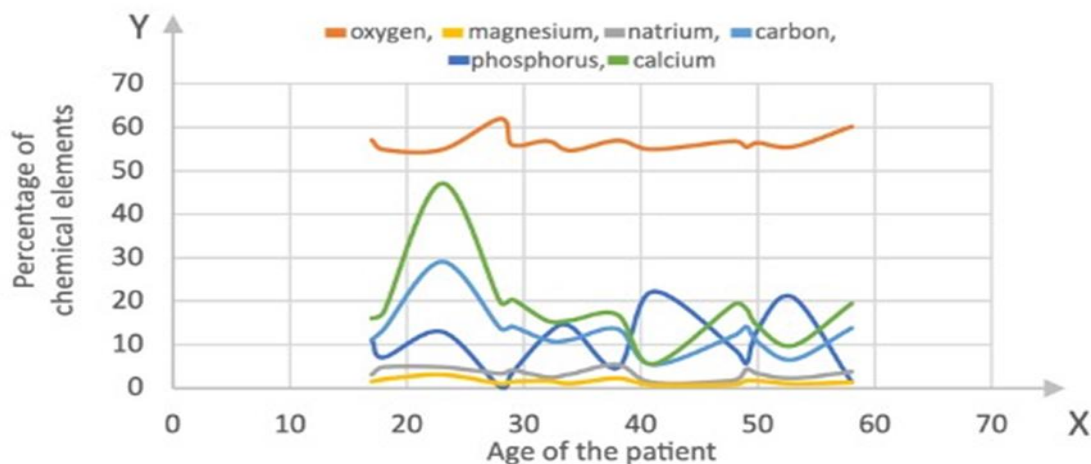


Figura 2. Variația compoziției chimice în dentină.

În cazul smalțului, variația elementelor chimice în funcție de vârstă este mult mai bine definită și distinctă (Figura 3). Așa cum se întâmplă și în cazul dentinei, conținutul de oxigen este cel mai ridicat în comparație cu celelalte elemente chimice. Minimumul său este clar la vârsta de 40 de ani. Al doilea element chimic este calciul, care prezintă o variație ciclică cu valori maxime și minime clare, dar nu ciclice. În jurul vârstei de 40 de ani (linia verde) este înregistrată o valoare foarte pronunțată, ca în variația anterioară. Conținutul de fosfor în smalț (albastru deschis) este relativ constant, dar cu o valoare minimă clară în jurul vârstei de 40 de ani. Pentru același motiv, variația de natriu din dentină, în smalț, are o variație relativ uniformă (culoarea gri).

O variație foarte similară și uniformă este observată și pentru magneziu, reprezentat cu culoarea galbenă. Valoarea minimă este de asemenea observabilă pentru această vârstă. Așa cum se întâmplă și în cazul analizei chimice în structura dentinei și în cazul smalțului, conținutul de carbon atinge o valoare maximă în jurul vârstei de 40 de ani. Mai mult, acest element chimic are un comportament exact opus celorlalte.

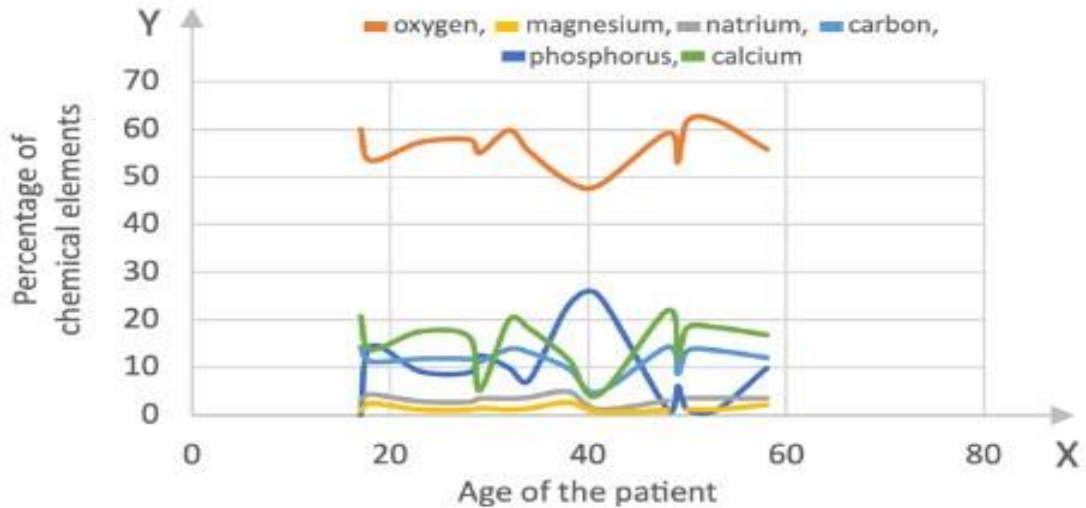


Figura 3. Variația compoziției chimice în smalț.

Concluzii:

Această cercetare a urmărit încă de la început găsirea unor interdependențe ale elementelor chimice care fac parte din dentină și smalțul unor dinți aleși aleatoriu în funcție de vârsta lor. Existența acestei condiții în rândul populației selectate care locuiește în jurul Bucureștiului nu este încă stabilită în acest moment. Folosind microscopia SEM, compozițiile chimice ale oxigenului, carbonului, magneziului, siliciului, fosforului și calciului au fost determinate în zone bine definite și reprezentative ale dentinei și smalțului.

Graficele corespunzătoare au fost desenate pentru cele două zone ale dintelui și s-a observat că, cu excepția carbonului, celelalte elemente au valori minime în jurul vârstei de 40 de ani. În schimb, carbonul prezintă o valoare maximă la această vârstă. În acest sens, considerăm că cercetarea poate continua prin introducerea și interpretarea altor variabile, dar care ar implica un număr mult mai mare de probe de dinți.

Studiul 2. Modelarea FEM a comportamentului unui dinte în funcție de starea de mineralizare

Scopul acestui studiu a fost de a caracteriza modificările structurale și mineralogice ale smalțului și dentinei în contact cu saliva.

Metoda de cercetare a fost analiza elementului finit a comportamentului unui dinte normal comparativ cu unul mineralizat. Mașetarea a fost realizată folosind programul ANSYS cu

elementul de discretizare SOLID187, care furnizează ca date de ieșire deplasările structurii în condițiile aplicării unei forțe și starea de tensiune care se dezvoltă în corp, de asemenea, ca rezultat al aplicării unui sistem de forțe.

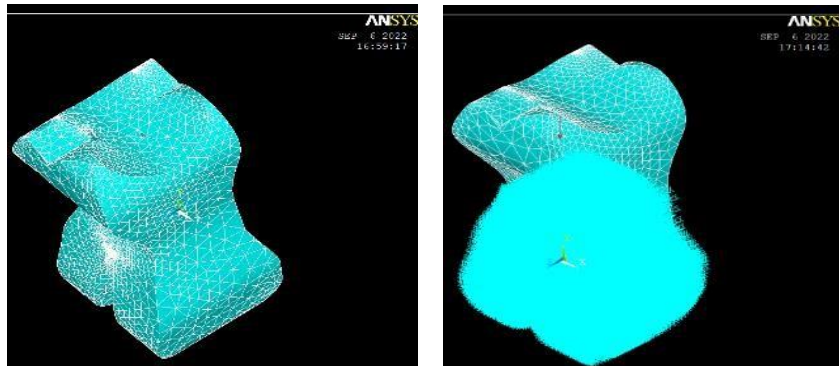


Figura 4. Volumul mașetat al dintelui; b - datele de intrare ale modelului: Forța F și prezentarea deplasării

Rezultate

Prezentul studiu s-a desfășurat luând în considerare mai multe variabile, prima variabilă este gradul de mineralizare al dintelui, a doua variabilă este reprezentată de valoarea forțelor aplicate suprafeței dintelui în timpul procesului de masticare. În toate cele patru situații, dintele suferă mișcări de ordinul sutimilor de milimetru, observându-se că:

- în cazul aplicării forței F2, deplasările sunt mai mari pentru ambele tipuri de dinte;
- în cazul mineralizării dintelui, deplasările calculate sunt mai mici decât în cazul unui dinte normal.

A doua categorie de rezultate se referă la harta de tensiuni care apare în structura dintelui. În teoria rezistenței materialelor, starea de tensiune nu poate fi definită folosind un singur criteriu, astfel încât, pentru a obține o imagine completă a integrității unei structuri, trebuie analizate mai multe tipuri de tensiuni, cum ar fi cele corespunzătoare axelor OX, OY, OZ, tensiunile de forfecare în planurile XOY, XOZ și YOX, precum și tensiunile de tip S1, S2 și S3 care descriu starea de tensiune predominant de tracțiune, starea de tensiune echilibrată între extensie și compresie, respectiv tensiunile de compresie.

Stările de tensiune care apar într-un dinte mineralizat atunci când este aplicată o forță concentrată $F_2 = 190 \text{ N}$.

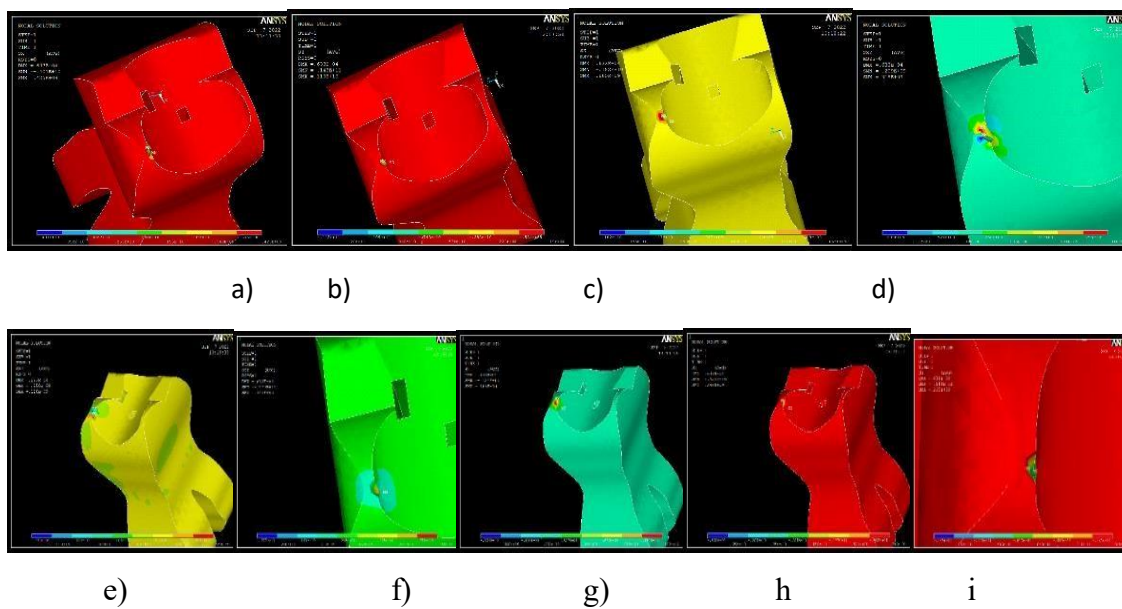


Figura 5 Tipul de tensiune: a - S_x , b - S_y , c - S_z , d - S_{xy} , e - S_{yx} , f - S_1 , g- S_2 , h- S_3 la $F=190$ N pentru un dinte normal

Discuții

Este important de remarcat că în cazul unui dinte mineralizat, deplasările sale sunt mai mici, în timp ce starea de tensiune mecanică, dacă forța aplicată este cea mai mare, este mai mică decât în cazul unui dinte normal. Din punct de vedere al stării de tensiune mecanică, se poate spune că procesul de mineralizare a unui dinte își face simțit efectul în situația în care dinte este supus unor situații funcționale mai dificile, ceea ce reprezintă un beneficiu important. Cele mai mari valori ale tensiunilor sunt găsite în cazul tensiunilor de pe axa OY, care este axa pe care acționează forța de mestecare, și tensiunile de tip S3, care reprezintă tensiunile de compresie, forța reprezentând o compresie asupra dintelui.

Concluzii

În general, tensiunile corespunzătoare dintelui mineralizat TM sunt mai mici decât în cazul dintelui normal. Cele mai mici tensiuni sunt tensiunile de forfecare în planul XOZ, deci rotirea dinților în acest plan nu poate produce efecte importante.

În concluzie, se poate spune că procesul de mineralizare este benefic pentru structura dinților, rezistența lor fiind observată în special la forțe mai mari, potențial critice, care pot apărea în procesul de masticție.

Studiul 3. Analiza concentrațiilor de elemente bioactive la nivelul interfeței dentinei cu sealerul Bioceram

Scopul acestui studiu a fost de a evalua bioactivitatea AH Plus Bioceramic Sealer (Dentsply, Konstanz, Germania) prin analizarea concentrațiilor elementelor bioactive în dentină la interfața cu sigilantul bioceramic.

Material și metodă: Au fost selectați 110 incisivi (superiori și inferiori) cu apexuri mature și un singur canal, extrași din motive parodontale. Dinții au fost curățați ultrasonic de toate detritusurile și au fost păstrați într-o soluție de timol 0,1% timp de 3 ore. Incisivii au fost decoronați prin secționare la 1 mm deasupra joncțiunii smalț-cement, a fost realizată cavitatea de acces, lungimea de lucru a fost determinată cu un instrument manual K ISO numărul 10 (Dentsply/Sirona, Elveția), și apoi pregătiți cu sistemul Trunatomy (Dentsply/Sirona, Elveția), până la un diametru foraminal de 0,25 sau 0,35, în funcție de caz.

Rezultate

Imaginile SEM permit observația detaliată a modului în care sigilantul endodontic interacționează cu dentina (Figura 7).

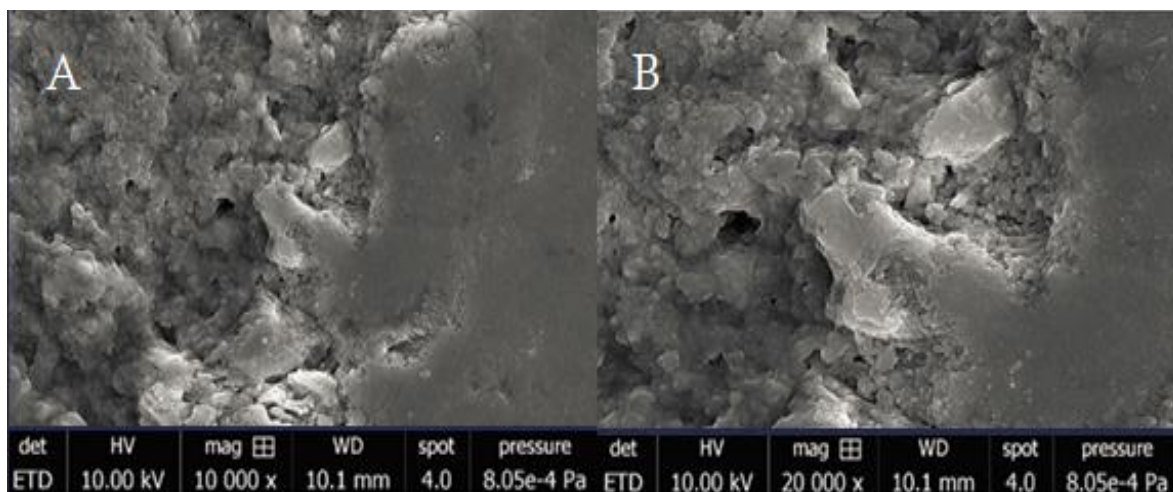


Figura 7 Imagini SEM ale interfeței sealer/ dentina radiculară, indicând o zonă de infiltrare minerală la interfața dintre dentină și sigilantul bioceramic, evidențiindu-se tagurilor de sigilant, la mărimi de A. 10.000X și B. 20.000X

Pentru a interpreta rezultatele furnizate de analiza SEM, compozițiile chimice ale probelor analizate au fost determinate în dentina din imediata apropiere a interfeței cu sealerul endodontic, precum și în dentina periferică. În acest scop, au fost înregistrate procentele de masă și volumetricale ale carbonului, oxigenului, fosforului, magneziului, calciului și siliciului (Figura 8).

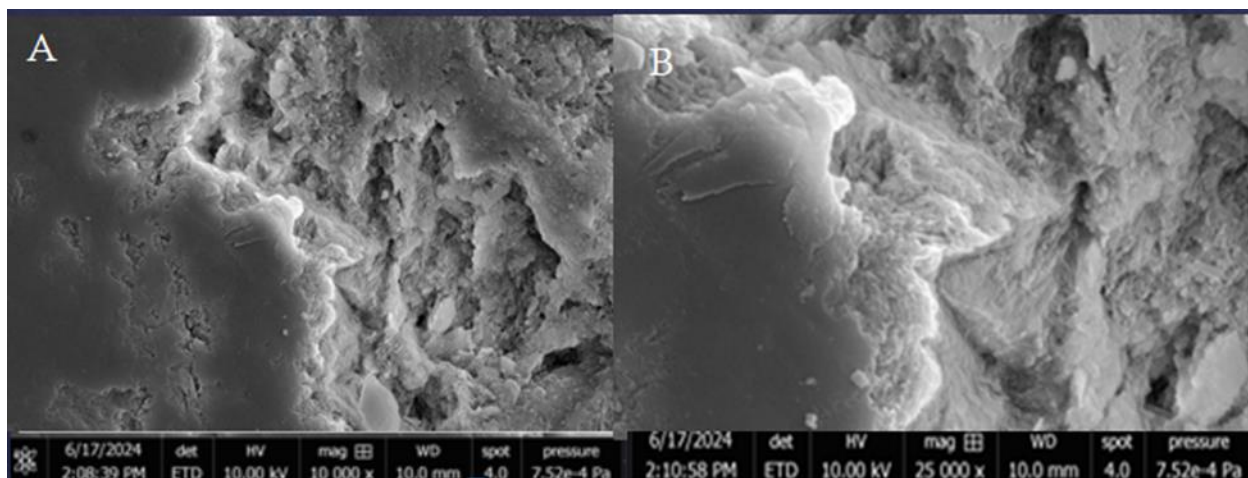


Fig. 8. – . Analiza SEM/EDS a interfeței dintre sigilantul bioceramic Ah plus și dentina radiculară a arătat o precipitare cu elemente chimice: Ca, Si, P, C la magnificație de A. 10.000X și B. 25.000X.

Tabelul 1 și Figura 9 descriu compoziția elementală a unei probe secționată dintr-un incisiv superior, legată de imaginile SEM ale interfeței dintre dentină și sigilantul bioceramic (Zona 1). Setul de date arată o compoziție bogată în oxigen, fosfor și calciu, indicând o prezență puternică a compușilor de fosfat, cum ar fi hidroxiapatita.

Tabelul 8. Analiza chimică a unui incisiv superior pentru Zona Selectată 1

Element	Greutate %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio
C K	5.46	9.59	0.34	36.45	0.01
O K	43.96	57.93	4.55	12.14	0.06
NaK	4.89	4.49	1.35	15.33	0.01
MgK	3.37	2.92	1.82	13.72	0.01
SiK	1.02	0.77	1.12	19.95	0.01
P K	16.62	11.32	19.69	5.93	0.10
CaK	24.68	12.98	28.09	3.27	0.21

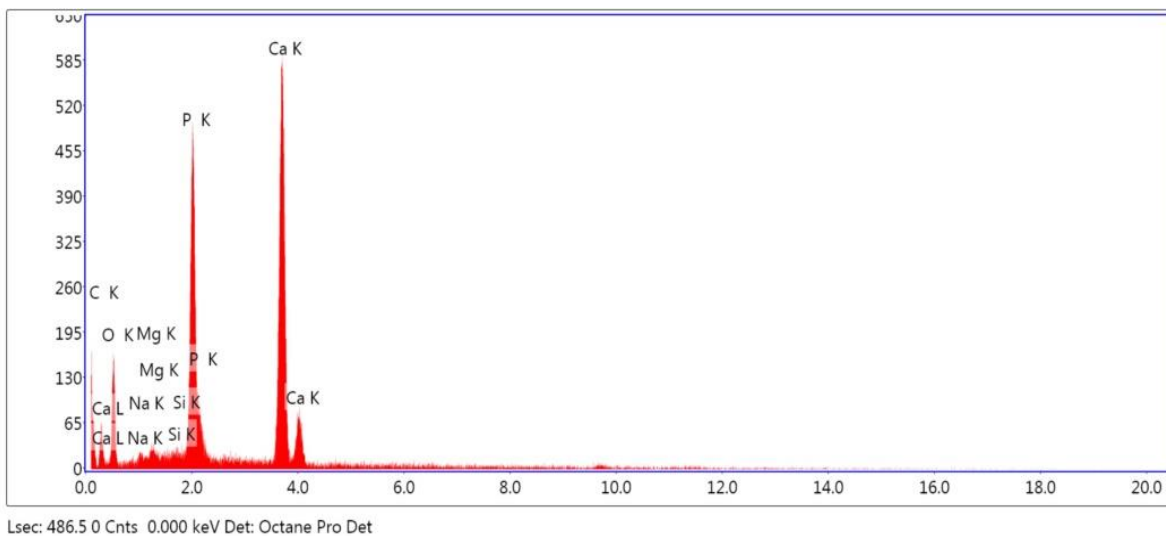


Fig. 9. – Analiza chimică a unui incisiv superior pentru Zona Selectată 1

Discuții

În acest studiu, concentrația ionilor de calciu a fost mai mare la interfața cu sigilantul bioceramic decât în dentina periferică. Acest lucru se poate explica prin faptul că silicatul de calciu din sealerii bioceramici reacționează cu fluidele dentinei pentru a forma hidroxid de calciu. Acesta se transformă în hidroxiapatită, un mineral de apatită de calciu care apare natural în țesuturile dentare. Hidroxiapatita leagă sigilantul de pereții dentinari, întărind sigiliul și remineralizând dentina. De asemenea, ionii de calciu ajută țesuturile periapicale să se vindece prin diferențierea și proliferarea celulelor odontoblast-like și pot contribui la regenerarea țesuturilor periapicale.

Concluzii

Utilizând analizele cu spectroscopie de raze X cu dispersie de energie (EDX), putem înțelege compozițiile elementale ale interfeței dentinei și a sealerilor bioceramici endodontici, putem evalua caracteristicile lor biologice și putem analiza impactul elementelor lor. Sigilanții bioceramici au revoluționat terapia endodontică datorită proprietăților lor bioactive intrinseci, care facilitează interacțiuni eficiente la interfața dintre sigilant și dentină. Capacitatea bioactivă a sigilanților bioceramici sporește durabilitatea și eficacitatea tratamentelor endodontice, promovând succesul pe termen lung.

Discuții finale

În cadrul cercetării noastre analiza SEM a permis identificarea detaliată a variabilităților microstructurale și chimice din smalț și dentină. S-a observat că elementele precum calciul și fosforul, esențiale pentru duritatea și rezistența dinților, prezintă fluctuații semnificative în

concentrație. Această variabilitate poate fi corelată cu schimbările metabolice și hormonale care apar odată cu înaintarea în vârstă, afectând astfel procesele de mineralizare și demineralizare ale dinților. În plus, studiul a evidențiat faptul că factorii externi, cum ar fi dieta, igiena orală și expunerea la fluorizi, pot influența semnificativ compoziția chimică a dinților. De exemplu, o dietă bogată în zaharuri și acizi poate accelera procesul de demineralizare, în timp ce utilizarea regulată a produselor de igienă orală cu fluor poate sprijini remineralizarea. Aceste descoperiri subliniază importanța unei monitorizări constante și a unei îngrijiri dentare adecvate pentru menținerea sănătății dentare optime pe termen lung.

Este important de remarcat că în cazul unui dinte mineralizat, deplasările sale sunt mai mici, în timp ce starea de tensiune mecanică, dacă forța aplicată este cea mai mare, este mai mică decât în cazul unui dinte normal. Din punct de vedere al stării de tensiune mecanică, se poate spune că procesul de mineralizare a unui dinte își face simțit efectul în situația în care dinte este supus unor situații funcționale mai dificile, ceea ce reprezintă un beneficiu important.

Diferențele în deplasarea și capacitatea de rezistență ale dinților mineralizați versus cei nemineralizați subliniază importanța menținerii unui nivel adecvat de mineralizare pentru prevenirea fracturilor și a altor leziuni dentare. Aceste descoperiri sunt în concordanță cu rezultatele altor cercetări care au utilizat FEM pentru a evalua impactul mineralizării asupra dinților.

În ceea ce privește utilizarea materialelor bioactive pentru obturația canalelor radiculare, studiul nostru se aliniază cu cercetările care evidențiază potențialul bioceramicelor și compozitelor bioactive în stimularea proceselor de remineralizare și regenerare tisulară. Aceste materiale nu doar că oferă o sigilare eficientă a canalelor radiculare, dar și sprijină procesele naturale de vindecare, reducând astfel riscul de complicații post-tratament.

CONCLUZIILE GENERALE ALE CERCETĂRII

Studiile realizate în această cercetare scot în evidență următoarele concluzii generale:

- Procentul de CARBON atinge o valoare maximă la 40 de ani.
- Procentul de OXIGEN are cele mai mari valori în comparație cu celelalte elemente chimice, iar în jurul vârstei de 40 de ani prezintă un minim.
- Variația procentului de CALCIU prezintă în jurul vârstei de 40 de ani un conținut minim, iar în jurul vârstei de 23 de ani un conținut maxim.

- FOSFORUL prezintă în jurul vârstei de 23 de ani o valoare maximă urmată de o valoare minimă la aproximativ 40 de ani.
- SODIUL prezintă o variație relativ uniformă, fără maxime și minime excesive, dar valoarea minimă este și ea în jurul vârstei de 40 de ani, în timp ce maximumul este în jurul vârstei de 35-38 de ani.
- MAGNEZIUL variația sa este relativ constantă, cu cea mai mică valoare începând de la vârsta de 40 de ani spre 50 de ani. Maximumul este, de asemenea, găsit în jurul vârstei de 25 de ani.
- În jurul vârstei de 40 de ani, cu excepția conținutului chimic de carbon, toate celelalte elemente chimice ating o valoare minimă.
- Valorile tensiunilor care apar în structura dintelui sunt apropiate de valorile modulului lui Young al dentinei și sunt puțin mai mici decât modulul de elasticitate al smalțului
- Tensiunea apare ca rezultat al aplicării unei forțe de masticație dar dacă această forță este depășită în masticație tensiunile vor crește și pot depăși chiar modulele de elasticitate ale dentinei și smalțului, pot apărea fisuri sau chiar fracturi în structura dintelui
- Procesul de mineralizare este benefic pentru structura dinților, rezistența lor fiind observată în special la forțe mai mari, potențial critice, care pot apărea în procesul de masticare.
- Concentrațiile medii ale elementelor în dentina situată imediat lângă interfața cu sigilantul bioceramic au fost: C (6%), O (43%), Na (5%), Mg (4%), Si (2%), P (19%) și Ca (25%).
- Concentrațiile medii ale elementelor în dentina periferică au fost: C (25%), O (30%), Na (2%), Mg (1%), Si (1%), P (13%) și Ca (20%).
- Sigilanții bioceramici facilitează interacțiuni eficiente la interfața dintre sigilant și dentină, demonstrându-se bioactivitatea lor semnificativă prin efectele farmacodinamice cu dentina la nivelul canalului radicular.

ASPECTE ORIGINALE

Considerăm ca fiind originale aspectele pe care le menționăm în continuare, respectiv:

- Analiza Variabilității Compoziției Chimice a Dinților prin SEM. Utilizarea tehnicii de microscopie electronică de scanare (SEM) pentru a studia variabilitatea compoziției chimice a dinților în funcție de vârstă și expunerea la diferiți factori de mediu este un aspect original al acestei teze. Studiul a evidențiat fluctuații semnificative în concentrația elementelor esențiale, cum ar fi calciul și fosforul, oferind o perspectivă nouă asupra impactului îmbătrânirii și al factorilor externi asupra sănătății dentare.
- Modelarea FEM a Comportamentului Dinților în Funcție de Mineralizare. Aplicarea modelării cu Elemente Finite (FEM) pentru a evalua comportamentul mecanic al dinților în funcție de gradul de mineralizare reprezintă o contribuție originală. Acest studiu a demonstrat diferențele semnificative în deplasarea și rezistența dinților mineralizați comparativ cu cei nemineralizați, evidențiind importanța mineralizării adecvate pentru prevenirea leziunilor dentare.
- Analizarea concentrațiilor de elemente bioactive la nivelul interfeței dentinei pentru investigarea potențialului materialelor de obturație bioactive, cum ar fi bioceramicele (sealerul bioceram) în promovarea remineralizării și regenerării canalelor radiculare este un alt aspect original al tezei. Studiul a arătat că aceste materiale nu doar că sigilează eficient canalele radiculare, dar și stimulează procesele naturale de mineralizare și vindecare, oferind soluții inovatoare pentru tratamentele endodontice.

Bibliografie selectivă:

- [1] Svitlana P. Yarova, Iryna I. Zabolotna, Olena S. Genzytska, Andrii A. Komlev, Features of dentine chemical composition of intact teeth and teeth with wedge-shaped defects, *Wiadomości Lekarskie*, VOLUME LXXIV, ISSUE 8, AUGUST 2021
- [2] Moataz El Gezawi, Uta Christine Wölfle, Rasha Haridy, Riham Fliefel, Dalia Kaisarly Remineralization, Regeneration, and Repair of Natural Tooth Structure: Influences on the Future of Restorative Dentistry Practice, *CS Biomater. Sci. Eng.* 2019
- [3] **Marta M.M., Chivu O.R., Nițoi D., Vasile M., Milicescu S., Teleanu R.I., Teleanu D.M., Davițoiu D.,** "Research On The Variation Of The Chemical Composition By Sem In The Case Of a Set Of Teeth For a Population From The Area Of The City Of Bucharest", *U.P.B. Sci. Bull., Series B*, Vol. 85, Iss. 3, 2023, ISSN 1454-2331 - reze02_649572.pdf (upb.ro)

- [4] Abou Neel EA, Bozec L, Perez RA, Kim H-W, Knowles JC. Nanotechnology in dentistry: prevention, diagnosis, and therapy. *Intell Surf.* 2015;10:6371–6394
- [5] **Marta M.M., Nitoi D., Teleanu R.I., Teleanu D.M., Chivu O.R., Milicescu S., "FEM modeling of a tooth behavior depending on mineralization state", *Journal of Research and Innovation for Sustainable Society (JRISS), Volume 5, Issue 1, 2023 ISSN: 2668-0416 Thoth Publishing House DOI: 10.33727/JRISS.2023.1.6:51-57 - 06 Art-en.pdf (4ader.ro)***
- [6] Kim YK, Gu L, Bryan TE, et al. Biomineralization of collagen-based materials for hard tissue repair. *Int J Mol Sci.* 2021;22(2):944
- [7] Tofan S.A., Olteanu C., Szuhaneck C., Popovici R.A., Luca M.M., Iftode A., Pavel I.Z., Bonta D.F., Synthesis and comparative characterization of different microparticles used as biomaterials in dentistry. *Mater Plast* 2021, 58(2), 192-200.
- [8] Guivarc'h M, Jeanneau C, Giraud T, Pommel L, About I, Azim AA, et al. An international survey on the use of calcium silicate-based sealers in non-d surgical endodontic treatment. *Clin Oral Investig.* 2020; 24:417–24
- [9] Sheela S, Nassar M, AlGhalban FM, Gorduysus MO. In Vitro Cytotoxicity and Mineralization Potential of an Endodontic Bioceramic Material. *Eur J Dent.* 2023 May;17(2):548-555. doi: 10.1055/s-0042-1750778
- [10] **Marta M.M., Marian D., Ilyes I., Pitic (Coț) D.E., Flueraș R., Popovici R.A., Suciș O., Cojocaru C., Vasca E., Olariu I., "Analysis of Bioactive Element Concentrations in Dentin at Bioceramic Sealer Interfaces", *Mater Plast, Vol. X; No. X, 2024***
- [11] Kandemir Demirci G., Çöven F.O., Güneri P., Karavana S.Y., Nalbantsoy A., Köse T., Kaval M.E.. The solubility, pH value, chemical structure, radiopacity, and cytotoxicity of four different root canal sealers: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2023 Sep;27(9):5413-5425. doi: 10.1007/s00784-023-05160-6. Epub 2023 Jul 24. PMID: 37486382
- [12] Badawy R.E., Mohamed D.A., Evaluation of new bioceramic endodontic sealers: An in vitro study. *Dent Med Probl.* 2022 Jan-Mar;59(1):85-92. doi: 10.17219/dmp/133954.
- [13] Estivalet M.S., De Araújo L.P., Immich F., Da Silva A.F., Ferreira N.S., Da Rosa W.L.O., Piva E., Bioactivity Potential of Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Scoping Review. *Life (Basel).* 2022 ,11;12(11):1853. doi: 10.3390/life12111853.
- [14] Ekambaram M, Mohd Said SNB, Yiu CKY. A Review of Enamel Remineralisation Potential of Calcium- and Phosphate-based Remineralisation Systems. *Oral Health Prev Dent.* 2017;15(5):415-420. doi: 10.3290/j.ohpd.a38779.

- [15] Sarna-Boś K, Boguta P, Szymańska-Chargot M, Skic K, Zdunek A, Stachurski P, et al. Insight into structural and chemical profile / composition of powdered enamel and dentine in different types of permanent human teeth. *Micron*. aprilie 2024;179:103608.
- [16] Orilisi G, Monterubbianesi R, Notarstefano V, Tosco V, Vitiello F, Giuliani G, et al. New insights from Raman MicroSpectroscopy and Scanning Electron Microscopy on the microstructure and chemical composition of vestibular and lingual surfaces in permanent and deciduous human teeth. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 5 noiembrie 2021;260:119966.
- [17] El Gezawi M, Wölfle UC, Haridy R, Fliefel R, Kaisarly D. Remineralization, Regeneration, and Repair of Natural Tooth Structure: Influences on the Future of Restorative Dentistry Practice. *ACS Biomater Sci Eng*. 14 octombrie 2019;5(10):4899–919.
- [18] Hamid, Reza, Rezaie., Hassan, Beigi, Rizi., Mojdeh, Mahdi, Rezaei, Khamseh., Andreas, Öchsner. (2020). Application of the Finite Element Method in Dentistry. doi: 10.1007/978-3-030-48931-1_7
- [19] V., Glinkin., Z., S., Khabadze., M., Gasbanov., F., V., Badalov., Olga, Leizerovitz. SEM study of the microelement composition of the apical region of the tooth after the treatment of destructive periodontitis. *Endodontia Today*, (2023). doi: 10.36377/1683-2981-2023-21-1-18-23
- [20] Katarzyna, Sarna-Bos., Kamil, Skic., Patrycja, Boguta., Agnieszka, Adamczuk., Marin, Vodanović., Renata, Chałas. (2023). Elemental mapping of human teeth enamel, dentine and cementum in view of their microstructure.. *Micron*, doi: 10.1016/j.micron.2023.103485
- [21] **Marian D., Olariu I., Ilyes I., Marta M.M., Pitic(Coț) D.E., Vască E., Flueraș R., Popovici R.A., Belengeanu V., Stana A.H., A Comprehensive Overview into the Usage of Endodontic Materials for Endodontic Procedures among Romanian Dentists, *Mater Plast*, Vol. X; No. X, 2024**
- [22] Tofan Sa, Olteanu C, Szuhaneck C, Popovici Ra, Luca Mm, Iftode A, Pavel Iz, Bonta Df. Synthesis and comparative characterization of different microparticles used as biomaterials in dentistry. *Mater Plast* 2021, 58(2), 192-200.
- [23] Agenția Națională a Medicamentului și a Dispozitivelor Medicale din România (ANM DMR). Disponibil la: <https://www.anm.ro>
- [24] U.S. Food and Drug Administration (FDA). Over-the-Counter (OTC) Drug Products. Disponibil la: <https://www.fda.gov/drugs/types-applications/over-counter-otc-drug-products>.
- [25] U.S. Food and Drug Administration (FDA). Dietary Supplements. Disponibil la: <https://www.fda.gov/food/dietary-supplements>.

- [26] Autoritatea Națională pentru Protecția Consumatorilor (ANPC). Disponibil la: <https://anpc.ro>.
- [27] European Food Safety Authority (EFSA). Food Supplements. Disponibil la: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/food-supplements>.
- [28] European Food Safety Authority (EFSA). Fluoride. Disponibil la: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/fluoride>.
- [29] Fejerskov O, Kidd E. Fluoride in Dentistry. 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard; 2018.
- [30] Journal of the American Dental Association. Fluoride Varnishes: A Review. J Am Dent Assoc. 2017;148(7):426-436.
- [31] Office of Dietary Supplements, National Institutes of Health. Vitamins and Minerals: Fact Sheets. Disponibil la: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/list-VitaminsMinerals/>.

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE

1. Maria Monica MARTA, Oana Roxana CHIVU, Dan NIȚOI, Mihai VASILE, Ștefan MILICESCU, Raluca Ioana TELEANU, Daniel Mihai TELEANU, Dragoș DAVIȚOIU, ”Research On The Variation Of The Chemical Composition By Sem In The Case Of a Set Of Teeth For a Population From The Area Of The City Of Bucharest”, U.P.B. Sci. Bull., Series B, Vol. 85, Iss. 3, 2023, ISSN 1454-2331 - [rezc02_649572.pdf \(upb.ro\)](#)
2. Maria-Monica MARTA, Dan NITOI, Raluca Ioana TELEANU, Daniel Mihai TELEANU, Oana Roxana CHIVU, Ștefan MILICESCU, ”FEM modeling of a tooth behavior depending on mineralization state”, *Journal of Research and Innovation for Sustainable Society (JRISS)*, Volume 5, Issue 1, 2023 ISSN: 2668-0416 Thoth Publishing House DOI: 10.33727/JRISS.2023.1.6:51-57 - [06_Art-en.pdf \(4ader.ro\)](#)
3. Maria-Monica MARTA, Diana MARIAN, Ioana ILYES, Dana Emanulela PITIC (COȚ), Razvan FLUERAȘ, Ramona Amina POPOVICI, Oana SUCIU, Carolina COJOCARU, Elisabeta VASCA, Iustin OLARIU, ”Analysis of Bioactive Element Concentrations in Dentin at Bioceramic Sealer Interfaces”, *Mater Plast*, Vol. X; No. X, 2024
4. Diana MARIAN, Iustin OLARIU, Ioana Ilyes, Maria-Monica MARTA, Dana Emanuela PITIC(COȚ), Elisabeta VASCĂ, Razvan FLUERAȘ, Ramona Amina POPOVICI, Valerica BELENGEANU, Ademir Horia STANA, ”A Comprehensive Overview into the Usage of Endodontic Materials for Endodontic Procedures among Romanian Dentists”, *Mater Plast*, Vol. X; No. X, 2024