

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
„CAROL DAVILA”, BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL MEDICINĂ**

***Rolul Printării 3D în Patologia Deformantă a
Coloanei Vertebrale la Pacientul Pediatric***

Conducător de doctorat:

PROF. UNIV. DR. IONESCU SEBASTIAN

Student-doctorand:

LICIU EDUARD

ANUL 2021

CUPRINS

I. Partea general.....	pagina 1
1. Problema fundamental.....	pagina 1
2. Ipoteza.....	pagina 1
3. Obiective.....	pagina 2
4. Metodologia de cercetare.....	pagina 4
5. Sinteza Capitolelor.....	pagina 6
II. Studiul 1 – Utilizarea printării 3D în planning-ul preoperator al patologiei deformante a coloanei vertebrale.....	pagina 7
III Studiul II – Planning virtual, planning printat 3D și ghiduri chirurgicale.....	pagina 9
IV. Concluzii și contribuții personale.....	pagina 14
V. Listă lucrări publicate.....	pagina 16

1. Problema fundamentală

Lucrarea de față propune o nouă abordare în managementul diagnostic, terapeutic și didactic al patologiei deformante a coloanei vertebrale în ceea ce privește pacientul pediatric. Pornind de la dorința aprofundării noțiunilor despre patologia scoliotică, precum și de la căutarea noilor metode de studiu și de îmbunătățire a tehnicilor de diagnostic și tratament, am ales explorarea integrării unui nou instrument în abordarea acestei patologii și anume: Tehnologia Printării 3D.

Conform etapelor cronologice ce au stat la baza conducerii acestui studiu, această teză de doctorat este structurată în două mari capitole ce marchează cele două direcții ale studiului. În prima etapă am urmărit utilizarea printării 3D în planning-ul preoperator al patologiei deformante vertebrale, urmând cea de-a doua etapă în care am decis să extindem studiul într-o direcție mai practică prin introducerea planningului virtual precum și cel printat 3D, dar și a ghidurilor chirurgicale printate 3D.

2. Ipoteza

În urma studiilor și documentării personale în acest sector medical restrâns am demarat acest studiu pornind de la ipoteza că utilizarea printării 3D în practica medicală curentă poate revoluționa abordarea terapeutică a patologiei scoliotice, cu beneficii multiple reflectate nu doar în rezultatele clinice și paraclinice obiective, dar și în feedbackul medicilor, pacienților și studenților ce beneficiază de această tehnologie.

3. Obiective

Obiectivele generale ale proiectului “**Rolul printării 3D în patologia deformantă a coloanei vertebrale la pacientul pediatric**” constau în analizarea implementării tehnologiei Printării 3D și rolul pe care îl poate juca practica medicală curentă. Modele printate 3D au ca beneficiari, pacienții cu patologie scoliotică, tratați în cadrul Secției de Ortopedie Pediatrică a Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii “Grigore Alexandrescu” București.

Obiectivele studiului, I:

1. Realizarea unui Protocol de lucru

a. Necesitatea implicării unei echipe multidisciplinare (Medic Radiolog, Technician IT, Medic Ortoped) în procesul de elaborare a modelelor printate 3D

b. Stabilirea parametrilor de lucru în vederea obținerii unor modele de calitate superioară, adecvate utilizării modelor în planning-ul preoperator

2. Obiective preoperatorii

a. Identificarea modificărilor structurale osoase la nivelul coloanei vertebrale.

b. Calcularea gradului de încurbare.

c. Calcularea gradului de rotație in situ.

d. Realizarea măsurătorilor exacte:

i. Diametrul pedicular.

ii. Lungimea pediculilor și a corpurilor vertebrale.

e. Localizarea entry-point-urilor.

f. Determinarea traiectelor de avansare a șuruburilor pediculare.

g. Selectarea nivelelor vertebrale optime pentru realizarea instrumentației.

h. Colectarea datelor obținute preoperator pe baza printului, în vederea comparării și analizării cu datele intraoperatorii.

3. Obiective intraoperatorii

a. Asistență în realizarea reperului vertebral.

b. Asistență în procesul de localizare a entry-point-urilor.

c. Asistență în alegerea traiectelor optime pentru șuruburile pediculare.

d. Realizarea corelațiilor între planurile osoase expuse în plagă și planurile osoase profunde prin intermediul modelului 3D.

e. Colectarea datelor obținute intraoperator pe baza printului, în vederea comparării și analizării cu datele preoperatorii.

4. Obiective în relația medic pacient

a. Înțelegere bună a deformărilor osoase și implicațiile acestora în cadrul patologiei și a evoluției acesteia.

b. Înțelegerea corectă a tratamentului chirurgical și a implicațiilor acestuia.

c. Realizarea unui plan terapeutic realist și înțelegerea limitărilor terapeutice în cazul patologiilor complexe.

d. Creșterea complianței terapeutice consecutiva bunei înțelegeri a tuturor etapelor tratamentului.

5. Obiective educaționale

a. Utilizarea modelelor 3D de către cadrele medicale pentru buna înțelegere a patologiei și a particularităților anatomice ale pacientului.

b. Utilizarea modelelor 3D de către cadrele medicale în simularea intervenției chirurgicale pe modele printate 3D.

c. Instruirea tinerilor medici rezidenți în înțelegerea patologiei și a intervențiilor chirurgicale în afecțiunile scoliotice.

d. Utilizarea modelelor 3D în procesele de instruire a studenților Facultăților de Medicină.

6. Obiective la distanță

a. Realizarea unei baze de date tridimensionale pre și postoperator.

b. Analizarea modificărilor imediat postoperator în comparație cu printul 3D realizat înainte intervenției.

c. Identificarea eventualelor pierderi ale derotației la distanță.

4. Metodologia de cercetare

Procesul de realizare a planning-ului preoperator prin modele printate 3D reprezintă un proces complex în care, pentru buna desfășurare a lucrurilor, este implicată o echipă multidisciplinară ce are în componență: medic ortoped, medic cu specialitatea radiologie și imagistică medicală dar și tehnician IT, operator program grafică 3D. Etapele procesului de printare 3D destinate studiului medical sunt următoarele (**Fig. 1**):

1. Obținerea imaginilor DICOM a regiunii studiate
2. Realizarea unui model CAD a regiunii de interes
3. Printarea 3D a modelului CAD.

Este necesară implementarea unei echipe multidisciplinare având în componență medici cu specialitatea ortopedie pediatrică și imagistică pediatrică, astfel a fost necesar stabilirea unui protocol de lucru cu departamentul de radiologie și imagistică medicală din cadrul Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii “Grigore Alexandrescu” București. Cu această ocazie mulțumim echipei conduse de către **Dr. Stefan Bogdan Olteanu** (Șef departament Radiologie și Imagistică Medicală) pentru excelenta colaborare. De asemenea realizarea procesării grafice 3D necesare în procesul tehnic de prelucrare a imaginilor DICOM cât și a întregul proces de printare 3D a fost realizat de către subsemnatul **Dr. Eduard Liciu** (medic ortoped) special instruit pentru îndeplinirea acestor sarcini. Posibilitatea derogării sarcinilor tehnice (inginerie medicală) către un membru al echipei medicale, cu competențe atât în ortopedie pediatrică, soft grafică 3D cât și în procesul de printare 3D efectivă, s-a dovedit a fi un real avantaj. . Astfel medicul ortoped familiarizat cu soft-urile 3D, înțelegând aspectele anatomice, clinico-funcționale și patologice, poate desfășura mult mai repede și mai precis selecția osoasă și reconstrucția 3D a modelului.

Protocolul de lucru stabilit pentru studiul este alcătuit din următoarele etape:

1. Obținerea imaginilor DICOM a regiunii studiate
2. Post procesare imagini DICOM (soft radiologic, soft grafica 3D)

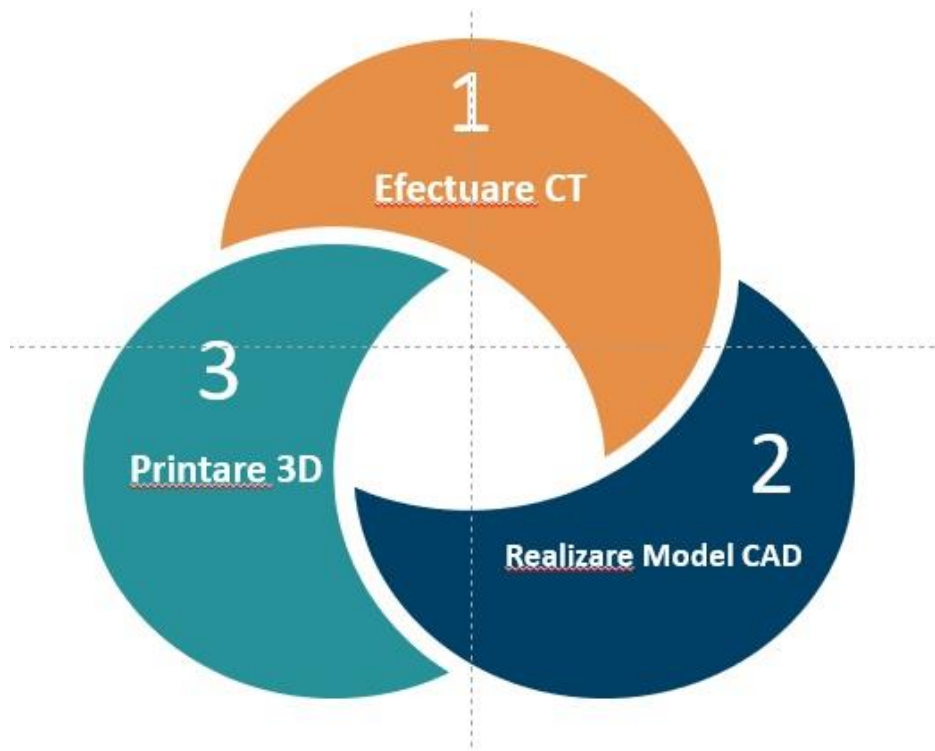


Fig 1 Reprezentare grafică a Etapelor procesului de printare 3D destinate studiului medical

3. Realizarea unui model CAD a regiunii de interes
4. Post procesare model CAD
5. Export model in format .stl
6. Procesare model .stl în vederea printării 3D (slicing process)
7. Printarea 3D a modelului .gcode
8. Analiza modelui printat 3D
9. Implementare în practica medicală curentă.

5. Sinteza Capitolelor

Scolioza este o deformare spinală ce poate afecta segmente de lungimi variabile ale coloanei vertebrale și constă în existența concomitentă a curburilor laterale și a rotației vertebrale. Această afecțiune prezentă în toate cele trei planurile spațiale (sagital, frontal și transversal) este incomplet reductibilă. Tratatamentul în ceea ce privește această patologie oferă trei mari opțiuni: kinetoterapie, bracing (corset) și tratament chirurgical. Obiectivele terapeutice vizează prevenția progresiei, corecția curburii existente și menținerea poziției corectate. Indicația chirurgicală în tratamentul scoliozei este luată în considerare în scolioze cu unghiul Cobb mai mare de 40-45°. Principiul de bază utilizat în abordarea chirurgicală a scoliozei este reprezentat de artrodeza intervertebrală. Instrumentația utilizată poate rămâne toată viața încorporată în pacient fără a perturba major activitățile normale ale individului.

Printarea 3D este un proces de fabricare a unui obiect solid, cu orice formă (geometrie), proces ce presupune depunerea succesivă de straturi (layere) ce formează în final modelul 3D fizic. Procesul pornește de la un model (volum) 3D grafic care este prelucrat printr-un proces de slicing (feliere pe axa definite Z), prin atribuirea unor parametrii de printare și care este executat strat cu strat de imprimanta 3D în vederea obținerii modelului fizic printat 3D.

Istoria printării 3D în medicină debutează astfel la începutul anilor 1980 odată cu prima utilizare documentată a tehnologiei printării 3D în 1981. Încă de la începuturi, tehnologia de printare 3D este adoptată și rapid implementată în domeniul cercetării medicale, unde rând pe rând îi sunt recunoscute avantajele crescând exponențial gradul de utilizare pe diferite paliere de cercetare. Printarea 3D a înregistrat o continuă dezvoltare, dezvoltare ce a vizat atât dezvoltarea de noi și noi tehnici de printare 3D, perfecționarea tehnicilor inițiale prin îmbunătățirea continuă a imprimantelor 3D cât și prin dezvoltarea și diversificarea materialelor de printare 3D. Toate aceste aspecte au condus la scăderea prețului imprimantelor 3D, scăderea prețurilor materialelor de printare 3D și în consecință creșterea exponențială a utilizării acestei tehnologii în domeniul medical și nu numai.

După cum am menționat mai sus, lucrarea de față este structurată în 2 studii ce analizează și explorează utilitatea printării 3D în patologie scoliotică. În primul studiu am urmărit utilizarea printării 3D în planning-ul preoperator al patologiei deformante vertebrale, urmând cel de al doilea

studiu în care am decis să extindem studiul într-o direcție mai practică prin introducerea planningului virtual precum și cel printat 3D, dar și a ghidurilor chirurgicale printate 3D.

II. Studiu I

Studiul I s-a desfășurat în cadrul Secției de Ortopedie Pediatrică a Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii “Grigore Alexandrecu” București. Pe perioada studiului, pacienții cu patologie scoliotică ce au efectuat investigații medicale și tratament în cadrul Secției de Ortopedie Pediatrică mai sus menționate, au fost analizați în vederea includerii în studiu. Pentru includerea pacienților în studiu, au fost luate o serie de măsuri pentru respectarea normelor deontologice ale cercetării.

Pe perioada studiului au fost realizate, pentru pacienții selectați în studiu, un număr de 35 modele printate 3D interesând segmente ale coloanei vertebrale sau întreaga coloana vertebrală (cervicală-toracală-lombară și sacru). În studiu au fost înscriși 33 de pacienți, 24 fete și 9 băieți, cu patologie scoliotică: 4 pacienți cu cifoză (4 băieți), 1 pacient scolioză neuro-musculară (1 fată) și 28 scolioze idiopatice (5 băieți și 23 fete). Toți pacienții incluși în studio au beneficiat de modele printate 3D în preoperator și tratament chirurgical.

Concluzii și contribuții personale

Planning-ul preoperator pe model 3D tactil aduce următoarele avantaje:

1. Medicul ortoped are la dispoziție un model în mărime naturală, palpabil cu particularitățile anatomice ale pacientului pentru planning-ul preoperator.
2. Înțelegerea particularităților anatomice ale regiunii evaluate, evidențierea tridimensională a modificărilor/malformațiilor osoase.
3. Realizarea de măsuratori exacte (lungime, diametru, unghiuri) pe modelul 3D palpabil.
4. Studiul deformărilor osoase consecutive patologiei scoliotice cu evoluție îndelungată.

5. Stabilirea particularităților vertebrale în patologia cifo-scoliotică (Numărare vertebre, Identificarea malformațiilor vertebrale: hemivertebre, blocuri vertebrale).
6. Stabilirea nivelului de instrumentație, entry-point-urilor și a traiectoriilor șuruburilor pediculare în patologia scoliotică.
7. Facilitează reperajul intraoperator în patologia cifo-scoliotică.

Utilizarea intraoperatorie a modelelor printate 3D a facilitat reperajul vertebral, procesul de localizare a entry-point-urilor, alegerea traiectoriilor optime pentru șuruburile pediculare, cât și o mai bună corelare între planurile osoase expuse în plagă și planurile osoase profunde.

Utilizarea în relația medic – pacient

Modelul 3D printat a permis utilizarea sa în comunicarea cu pacientul și aparținătorii acestuia. Explicarea pe modelul 3D a patologiei scoliotice, a deformărilor apărute cât și a procedurii chirurgicale au fost facilitate. Înțelegerea bună a stadiului evolutiv al patologiei scoliotice, a permis realizarea unui prognostic postoperator realist, pacientul înțelegând limitările corecției chirurgicale datorate deformărilor severe.

Concluzii pentru Studiul II

Necesitatea utilizării unor imprimante 3D FDM cu volum mai mare de printare 3D și a mai multor imprimante 3D FDM, pentru a scădea timpul de producție.

Necesitatea efectuării unor analize comparative între tehnologia FDM și alte tipuri de tehnologie de printare 3D (ex. SLA, MSLA, DLP) care pot permite printarea la o rezoluție superioară a modelelor printate 3D, cât și utilizarea unor materiale biocompatibile, rezistente la procesul de sterilizare chimică și termică.

Necesitatea utilizării unor imprimante 3D a căror volum de printare 3D permite printarea unei coloane integrale (cervico-toraco-lombo-sacrată cât și a bazinului) integrală sau segmentată în cât mai puține părți.

Necesitatea conceperii, dezvoltării, implementării unor dispozitive personalizate de ghidare în vederea alegerii entry-point-urilor șuruburilor pediculare într-o manieră cât mai precisă, mai puțin cronofagă și care să necesite cât mai puține utilizări a scopiei intraoperatorii.

III. Studiu II

Cel de al doilea studiu Planning virtual, planning printat 3D și ghiduri chirurgicale în patologia deformantă a coloanei vertebrale a pacientului pediatric s-a desfășurat în perioada ianuarie 2020 – august 2021 în cadrul Spitalului Clinic de Copii “Dr. Victor Gomoiu” București, unde, începând cu 1 ianuarie 2020 ocup funcția de Medic Specialist Ortopedie Pediatrică. Spitalul beneficiază de o secție nouă de ortopedie pediatrică amplasată într-o clădire nou construită, cu dotările necesare desfășurării unui astfel de studiu. Studiul își propune implementarea protocolului de lucru în cadrul Spitalului Clinic de Copii “Dr. Victor Gomoiu” București, realizarea planning-ului virtual, a planning-ului printat 3D și a ghidurilor chirurgicale personalizate printate 3D pentru pacienții cu patologii scoliotice de tip idiopatică, neurologică, congenitală din cadrul Spitalului Clinic de Copii “Dr. Victor Gomoiu” București. Pe perioada studiului, pacienții cu patologii mai sus menționate care au fost investigații imagistic în cadrul unității spitalicești sau prin serviciile de imagistică medicală externalizată și care au beneficiat de tratament în cadrul Secției de Ortopedie Pediatrică a Spitalului Clinic de Copii “Dr. Victor Gomoiu” București, au fost analizați în vederea includerii în studiul Planning virtual, planning printat 3D și ghiduri chirurgicale în patologia deformantă a coloanei vertebrale a pacientului pediatric.

Intrucât perioada de desfășurare a acestui studiu a coincis cu perioada Pandemiei SARS COV 2 care a impus restricții și reglementări suplimentare de acces a pacienților cronici la serviciile medicale, studiul “Planning virtual, planning printat 3D și ghiduri chirurgicale în patologia deformantă a coloanei vertebrale a pacientului pediatric” și-a continuat activitatea dar cu respectarea acestor măsuri de urgență. Pentru includerea pacienților în studiu, au fost luate o serie de măsuri pentru respectarea normelor deontologice ale cercetării. În vederea realizării modelelor printate 3D s-au întocmit cu pacientul și/sau aparținătorii acestuia procese de consimțământ informat.

În studiul II au fost înregistrați doi pacienți de sex feminin diagnosticați cu scolioză idiopatică, pentru care au fost executate 4 modele printate 3D coloană vertebrală integrală plus

bazin, modele au fost realizate pe baza investigațiilor imagistice (Computer Tomograf) realizate pre și postoperator, cât și a doua seturi a câte 3 ghidurilor chirurgicale printate 3D pentru un număr de 3 vertebre apicale pentru fiecare pacient în parte. Ghidurile au permis identificarea facilă a entry-point-urilor șuruburilor pediculare bilateral, cât și a forării dinspre posterior spre anterior, pe traiectoria ideală pentru șuruburile pediculare.

Procesul de concepere a unui dispozitiv chirurgical personalizat din cadrul Studiului II s-a desfășurat în două etape:

Etapa I crearea unui model de ghid chirurgical personalizat pornind de la particularitățile vertebrei țintă și a raportului cu restul structurilor anatomice

Etapa II modificarea design-ului în funcție de analiza elementelor finite ale modelului I, cu scopul de a îmbunătăți performanțele mecanice ale modelului.

Modelele au fost realizate cu tehnologia LowForceSLA, utilizând rășini biocompatibile și au fost utilizate intraoperator. În urma utilizării intraoperatorii și a analizei efectuate am formulat o serie de avantaje și dezavantaje ale utilizării ghidurilor chirurgicale personalizate printate 3D

Obiectivele Studiului II – Planning virtual, planning printat 3D și ghiduri chirurgicale în patologia deformantă a coloanei vertebrale la pacientul pediatric:

Având în vedere rezultatele înregistrate în cadrul primei etape a studiului, se impune continuarea studiilor pe tema utilizării printării 3D în patologia scoliotică la pacientul pediatric cât și în medicină. Astfel în etapa II, pe lângă obiectivele generale ale studiului I (cele ce țin de planning-ul preoperator și intraoperator, ce au fost deja descrise în Studiul I), vom analiza:

a. Necesitatea utilizării unui număr mai mare de imprimante 3D FDM în vederea scăderii timpului de printare per model,

b. Utilizarea unor imprimante FDM cu volum mai mare de printare pentru reducerea numărului de segmentări a coloanei integrale,

c. Utilizarea altor tipuri de tehnologii de printare 3D (SLA, MSLA, DLP, LowForceSLA) în patologia scoliotică, avantaje și dezavantaje față de tehnologia FDM.

d. Utilizarea altor tipuri de materiale (rașină UV) pentru planning preoperator dar și rășină cu proprietăți sterilizabile pentru realizarea unor device-uri chirurgicale (ghiduri chirurgicale personalizate pentru fiecare pacient în parte) de reperaj a entry-point-urilor șuruburilor pediculare

e. Analiza Elementelor finite a ghidului chirurgical,

f. Utilizarea printării 3D pentru îmbunătățirea plasamentului șuruburilor pediculare

g. Datorită modificărilor apărute în viața profesională (schimbarea locului de muncă și contextul pandemic) anumite obiective din cadrul Studiului I vor fi reluate în vederea bunei desfășurări a activității studiului în cadrul noului spital angajator:

a. Necesitatea implicării unei echipe multidisciplinare (Medic Radiolog, Technician IT, Medic Ortoped) în procesul de elaborare a modelelor printate 3D

b. Stabilirea parametrilor de lucru în vederea obținerii unor modele de calitate superioară cu dispozitivele de imagistică medicală din cadrul Spitalului Clinic de Copii “Dr. Victor Gomoiu” București, parametrii adecvați utilizării modelor în planning-ul preoperator.

Avantaje ghid chirurgical personalizat printat 3D:

1. Utilizarea unui device personalizat în vederea stabilirii entry-point-urilor pentru șuruburile pediculare și realizarea forajului transpedicular sub ghidajul device-ului

2. Diminuarea timpului necesar realizării acestor etape chirurgicale

3. Dispozitiv personalizat realizat pe baza investigațiilor imagistice ale pacientului în cadrul planningului preoperator extins

4. Dispozitiv personalizat realizat cu tehnologia de printare 3D LowForce SLA, tehnologie extrem de precisă

5. Dispozitiv personalizat realizat din material biocompatibil, sterilizabil, radiotransparent.

6. Designul modelului II este unul mult mai rezistent, nu se observă modificari de forma în momentul aplicării forțelor externe

7. Designul respectă particularitățile anatomice locale

8. Spre deosebire de modelul I, acesta nu se mai sprijină pe o suprafața atât de mare a vertebrei, motiv pentru care s-au putut utiliza dimensiuni potrivite pentru a crește rezistența modelului.

9. Structurile de ranforsare au îmbunătățit proprietățile mecanice conferind o mai bună rezistență la impact cât și la forțele ce se descarcă pe ghid în momentul utilizării,

10. Structurile de ranforsare facilitează manipularea modelului, poziționarea lui și susținerea în momentul introducerii broșelor Kirschner prin pediculi către corpii vertebrali.

11. Utilizarea analizei de elemente finite a ghidului chirurgical înainte de fabricare, a condus la identificarea punctelor de slăbiciune ale modelului, a modului în care forțele sunt dispersate (uniform sau neuniform) și la identificarea regiunilor în care modelul va suferi deformări în timpul manevrelor

12. Posibilitatea adaptării modelului în funcție de rezultatele FEA, fără a fi necesar printarea unui model și expunerea modelului la simularea manevrelor chirurgicale în vederea testării rezistenței

13. Utilizarea ghidurilor chirurgicale printate 3D crește

a) Siguranța prin reducerea timpului de anestezie, reducerea complicațiilor intraoperatorii, reducerea timpului de expunere a pacientului condițiilor intraoperatorii de ischemie, radiații sau sângerare.

b) Eficiența prin reducerea duratei intervenției și complicațiilor intraoperatorii și la distanța

c) Îmbunătățește rezultatele prin creșterea acurateții chirurgicale, îmbunătățirea relației medic-pacient prin creșterea complianței la tratament și reducerea numărului de reintervenții chirurgicale.

Dezavantaje ghid chirurgical printat 3D tehnologia LowForce SLA:

1. Necesitatea elaborării și implementării unui work-flow adaptat realizării planningului virtual cât și a printării 3D (planning printat cât și ghiduri chirurgicale)

2. Echipa Multidisciplinară implicată în procesul de realizare a planningului virtual, printat 3D și a ghidurilor chirurgicale

3. Necesitatea includerii în echipa multidisciplinară a unui specialist grafică 3D și printare 3D
4. Timp suplimentar pentru realizarea reconstrucțiilor 3D, a ghidurilor chirurgicale
5. Timp suplimentar pentru realizarea unui model grafic pe care să poată fi efectuată analiza elementelor finite
6. Este necesar utilizarea unei licențe pentru soft-uri dedicate FEA
7. Necesită dispozitive hard-ware cu proprietăți foarte performante pentru susținerea procesului de analiză a elementelor finite,
8. Tehnologie scumpă (atât echipamentul cât și consumabile sunt mai scumpe comparative cu tehnologia FDM)
9. Necesitatea unui proces de postprocesare laborios (Spălare cu alcool izopropilic, definitivare proces de fotopolimerizare prin expunere la UV și căldura - tehnologie murdară care necesită dispozitive suplimentare)
10. Material biocompatibil, sterilizabil dar casant (NU rezistă la lovituri)
11. Materialul din care este printat ghidul este semitransparent ceea ce face ghidul greu de identificat în plaga intraoperatorie, dificil de evaluat raportul cu celelalte structuri anatomice
12. Introducerea structurilor de ranforsare, pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice, pentru o mai bună rezistență la impact cât și la forțele ce se descarcă pe ghid în momentul utilizării, au condus la obturarea câmpului intraoperator, fiind destul de dificil de verificat poziționarea ghidului, pe vertebră.

Un alt obiectiv al studiului a fost implementarea printării 3D în domeniul universitar. În vederea obținerii acestui deziderat, am susținut numeroase prezentări, work-shop-uri, conferințe în cadrul congreselor internaționale și naționale cât și în cadrul congreselor studentesti. Interesul studenților către domeniul de printare 3D a fost încă de la început foarte mare și a crescut constant, determinându-i să participe în mod activ la diferite manifestări pe tema printării 3D susținute în cadrul Asociației Medicale Române de Biomodelare 3D al cărui președinte și fondator sunt. Un moment important pentru atingerea acestui obiectiv a fost reprezentat de inaugurarea unui laborator de printare 3D în cadrul Centrului de inovatie și eHealth din cadru UMFCD, laborator ce oferă posibilitatea studenților de a învăța printarea 3D și de a o utiliza în cadrul proiectelor universitare.

IV. Concluzii și contribuții personale

Studiul propus “**Rolul Printării 3D în patologia deformantă a coloanei vertebrale la pacientul pediatric**” reprezintă un prim pas de explorare a printării 3D ca tehnologie inovatoare, ofertantă, versatilă, cu nenumărate aplicații în sfera medicală, tehnologie ce se prezintă ca un real vector către viitorul medical, viitor în care tratamentul personalizat să reprezinte o constantă a practicii medicale curente.

Rezultatele celor 2 studii desfășurate în cadrul acestei teze de doctorat, atestă că:

- Printarea 3D reprezintă o metodă accesibilă în prezent, metodă prin care se poate implementa un planning pre și intraoperator performant, modern, precis, personalizat, ce redă cu acuratețe modificări anatomice ale pacientului
- Echipa implicată în procesul de realizare a unui planning preoperator printat 3D este o echipă multidisciplinară ce are în componență medic imagistică medicală, ortoped pediatru, specialist grafică și printare 3D.
- Tehnologia Printării 3D se bazează pe tehnologia CAD (Computer Aided Design) și împreună reprezintă un ansamblu modern, ce oferă posibilitatea realizării unui planning preoperator complet, evoluat, reproductibil, ce lărgiște orizonturile planning-ului chirurgical oferind posibilitatea evaluării tridimensionale fizice a regiunii anatomice asupra căreia se va interveni chirurgical, posibilitatea simulării manevrelor chirurgicale preoperator, consultare intraoperatorie și postoperatorie, suport de alegere a instrumentarului chirurgical potrivit, a implanturilor chirurgicale potrivite cazului chirurgical abordat.
- Planning-ul printat 3D reprezintă un ideal suport exemplificativ pe care doctorul îl poate folosi în relația medic – aparținător – pacient cu ajutorul căruia să informeze într-o manieră clară, elucidatoare patologia pacientului, particularitățile acestuia, provocările chirurgicale pe care tratamentul le ridică, să formuleze un prognostic realist asupra rezultatului postoperator, a evoluției postoperatorii și a tratamentului de recuperare pe care pacientul trebuie să-l urmeze.
- Tehnologia printării 3D este într-o continuă dezvoltare ceea ce face posibil în prezent utilizarea unei varietăți impresionate de materiale ce pot fi folosite în procesul de printare,

de la plastic (PLA), la materiale flexibile, rezistente la temperaturi ridicate, biocompatibile, metal sau chiar biomateriale.

- Continua dezvoltare de noi tipuri de tehnologii de printare 3D și de noi varietăți de materiale determină o creștere și o diversificare a utilizării printării 3D în medicină. Pornind de la această idee Studiul II și-a propus utilizarea printării 3D în vederea realizării unor ghiduri chirurgicale personalizate, printate 3D cu ajutorul materialelor biocompatibile.

- Rezultatele obținute în urma utilizării ghidurilor chirurgicale sunt foarte bune, ghidurile rezistă la procesele de decontaminare chimică, sterilizare fără a-și pierde proprietățile sau formele. Alegerea design-ului potrivit este foarte importantă pentru ca modelul să aibă proprietăți mecanice adecvate forțelor de descărcare utilizare în procesul de creare a drill-ului ideal prin pedicul și corp vertebral.

- Pentru alegerea design-ului potrivit este necesară o analiză pe elementele finite ale modelului

- Utilizarea ghidurilor chirurgicale printate 3D crește:

- d) Siguranța prin reducerea timpului de anestezie, reducerea complicațiilor intraoperatorii, reducerea timpului de expunere a pacientului condițiilor intraoperatorii de ischemie, radiații sau sângerare.

- e) Eficiența prin reducerea duratei intervenției și complicațiilor intraoperatorii și la distanță

- f) Îmbunătățește rezultatele prin creșterea acurateții chirurgicale, îmbunătățirea relației medic-pacient prin creșterea complianței la tratament și reducerea numărului de reintervenții chirurgicale.

- Printarea 3D reprezintă un vector extrem de important pentru medicină, un vector ce promite să conducă rapid, sigur medicina viitorului către tratamentul personalizat. Mai mult decât atât, promite să facă acest lucru pe mai multe paliere concomitent (planning personalizat, ghiduri personalizate, implanturi chirurgicale, bioprintare, farmacoprintare, etc).

V. Listă lucrări publicate

Articole

1. Liciu E, Frumuseanu B, Golumbeanu M, Sterian AG, Popescu MB, Tevanov I, Ulici A, The Use of 3D Printing in Preoperative Planning of Scoliotic Pathology, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 10, Issue 10, October-2019 ISSN 2229-5518, 1296-1302
2. Tevanov I, Liciu E, Chirila MO, Dusca A, Ulici A. "The use of 3D printing in improving patient-doctor relationship and malpractice prevention." Rom J Leg Med. 2017;25(3). doi:10.4323/rjlm.2017.279
3. Ulici A, Liciu E, Dima A, Frumuseanu B, Mihai MM, Murzac R, Ionescu S, 3D Printing - An Easy and Efficient Method to Fabricate High-Resolution 3D Printed Models for Medical and Educational Purposes, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 10, Issue 2, February-2019 774 ISSN 2229-5518, pag 774-778.
4. Liciu E, Mihai MM, Carp Ș, Popa L, Vreme C, Vlad C, "3D PRINTING IN PEDIATRIC ORTHOPEDICS – THE NEW GENERATION OF PREOPERATIVE PLANNING IN THE FIELD OF PEDIATRIC ORTHOPEDICS" *JSS*, vol. 7, no. 3, pp. 85-92, Dec. 2020.<https://doi.org/10.33695/jss.v7i3.39>.
<https://journalofsurgicalsciences.com/index.php/jss/article/view/390>

Prezentări

1. The XVII National Congress of Orthopaedics and Traumatology 18-21 octombrie 2017 Timisoara – Speaker "Printare 3D in Medicina NGP - Spine"
2. 8 International Conference "Biomaterials, Tissue Engineering & Medical Devices" 27-29 September 2018, Cluj Napoca - Speaker "3D Printing - High-Resolution 3D Printed Models for Medical and Educational Purpose"
3. WOFAPS 2018 Bucharest Annual Meeting "Integrated approach for better children' outcomes – avoiding disability - Speaker "THE USE OF 3D PRINTING IN SURGICAL PLANNING FOR CONGENITAL SCOLIOTIC PATHOLOGY". Certificate ID 140

4. CAMP 2018 - Organizația Tinerilor Medici Cluj - Napoca 26-28 octombrie 2018, organizator și speaker în cadrul Work-Shop-ului: "Printarea 3D în Medicină" 27 octombrie 2018, Cluj- Napoca. Work-Shop realizat în parteneriat cu Organizația Tinerilor Medici - AMRB3D:"3D Printing Activity","Medical Imaging The Evolution: Shifting From 2D To 3D","3D Printing in Medicine"
5. Organizator si Lector in cadrul Conferintei "3D Printing in Medicine: The new age of Personalised Treatment Conference" desfasurat in cadrul The International Medical Student's Congress of Bucharest 05-09.12.2018 Serie IMSCB no. 10502 code 5017.
6. Organizator si Lector in cadrul Work-Shop-ului "3D Printing in Medicine" desfasurat in cadrul The International Medical Student's Congress of Bucharest 05-09.12.2018 Serie IMSCB no. 10502 code 5017.
7. Organizator si Lector in cadrul Work-Shop-ului: "3D printing: from CT scans to bones" 4 th edition of Medics – Medical International Conference for Students 11-14 aprilie 2019
8. Organizator si Lector in cadrul Work-Shop-ului: "3D printing in Medicine" 3 iunie 2019, Work-Shop organizat in cadrul Scientific Organisation of Medical Students – SOMS.
9. Lector și organizator în cadrul Work-Shop-ului "Printarea 3D parte a tratamentului personalizat" desfășurat în cadrul proiectului TransMed 10-16 noiembrie 2019.

Poster

103 Congresso Nazionale della Societa Italiana di Ortopedia e Traumatologia, Bari 9-12.11.2018

Prezentare tip poster abstract N°. 1011: "Stampa 3D in patologia scoliotica" deplasare realizata in cadrul proiectului FDI nr.0547/ 2018, Universitatea de Medicina și Farmacie „Carol Davila” din București funded by "National Council for Higher Education, Ministry National Education".

Granturi și Proiecte Naționale și Internaționale

1. „Educatie inovativa pentru studentii UMFCD prin dezvoltarea bazelor de practica in Printarea 3D, Simulare Medicala, Telesemiologie si Big Data – INNOV.STUD” – CNFIS-FDI-2021-0531 functie Coordonator Departament de Printare 3D CieH

2. " PRINTARE 3D – NOUA GENERAȚIE DE PLANNING ÎN CHIRURGIA SPINALA
"(NGP SPINE), contract nr. 9288/04.04.2017, funcția: Membru în echipa de cercetare,
grant finalizat conform Raportului final și notei informative 177/18.12.2019.