

---

TEZĂ DE DOCTORAT-REZUMAT

# Capul de oaie-model anatomic pentru pregătirea în chirurgia funcțională endoscopică rinosinusală

---

Doctorand **Constantin Stan**

---

Conducător de doctorat **Prof. Dr.Dr. H.C. Marcel Cosgarea**

---



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



# CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b>	15
<b>STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII</b>	
<b>1. Elemente de anatomie endoscopică rinosinusală</b>	19
1.1. Complexul ostiomeatal	19
1.2. Cornetul nazal mijlociu	20
1.3. Complexul etmoidal	21
1.4. Sinusul maxilar	22
1.5. Sinusul sfenoid	22
1.6. Sinusul frontal	22
1.7. Baza anterioară de craniu	23
<b>2. Chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală (FESS)</b>	25
2.1. Scurt istoric	25
2.2. Indicațiile FESS	25
2.3. Complicațiile FESS	26
<b>3. Antrenamentul în FESS</b>	27
3.1. Antrenamentul “clasic” în FESS	27
3.2. Simulatoarele de antrenament în FESS	28
3.2.1. Tehnologia realității virtuale în simularea chirurgicală	28
<b>4. Simulatoarele fizice în FESS</b>	31
4.1. Simulatoarele fizice generate cu ajutorul imprimantei 3D	31
<b>5. Modelul ovin pentru antrenamentul chirurgical</b>	33
5.1. Modelul ovin pentru antrenament în ORL	33
5.1.1. Modelul ovin pentru antrenament în FESS	34
<b>6. Validarea simulatorului chirurgical</b>	37
6.1. Definiție	37
6.2. Tipuri de validare	37
<b>7. Evaluarea curbei de învățare în FESS cu ajutorul senzorilor de tip accelerometru</b>	39
7.1. Definiția accelerometrului	39
7.2. Aplicațiile practice ale senzorilor de tip accelerometru	39

## **CONTRIBUȚIA PERSONALĂ**

<b>1. Ipoteza de lucru/obiective</b>	47
<b>2. Studiul 1. Modele anatomico fizice pentru antrenamentul în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală</b>	49
2.1. Introducere	49
2.2. Ipoteza de lucru/obiective	49
2.3. Material și metodă	50
2.4. Rezultate	50
2.5. Discuții	57
2.6. Concluzii	59
<b>3. Studiul 2. Studiu anatomic comprehensiv al capului de oaie pentru pregătirea de bază în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală.</b>	61
3.1. Introducere	61
3.2. Ipoteza de lucru/obiective	61
3.3. Material și metodă	62
3.4. Rezultate	62
3.5. Discuții	74
3.6. Concluzii	76
<b>4. Studiul 3. Evaluarea subiectivă a capului de oaie pentru antrenamentul în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală</b>	77
4.1. Introducere	77
4.2. Ipoteza de lucru/obiective	77
4.3. Material și metodă	78
4.4. Rezultate	80
4.5. Discuții	86
4.6. Concluzii	89
<b>5. Studiul 4. Evaluarea obiectivă a capului de oaie pentru antrenamentul în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală</b>	91
5.1. Introducere	91
5.2. Ipoteza de lucru/obiective	92
5.3. Material și metodă	92
5.4. Rezultate	95
5.5. Discuții	98

---

5.6. Concluzii	101
<b>6. Concluzii generale (sinteză)</b>	103
<b>7. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei</b>	105
<b>REFERINȚE</b>	107
<b>ANEXE</b>	117

**Cuvinte cheie:** simulare, antrenament chirurgical, chirurgie endoscopică funcțională rinosinusală, cap de oaie, accelerometru, analiza mișcării mâinii

---

# INTRODUCERE

În zilele noastre, conceptul chirurgiei funcționale endoscopice minim invazive reprezintă tratamentul de elecție pentru multiple patologii din sfera rinosinusală. Termenul de „funcțional” implică conservarea structurilor anatomice ale foselor nazale și ale peretelui lateral, acest tip de chirurgie venind cu o serie de avantaje precum hemoragia redusă, edemul postoperator redus, îngrijiri postoperatorii minime, precum și posibilitatea practicării “chirurgiei de o zi”.

Chirurgia funcțională endoscopică rinosinusală (FESS) necesită pe lângă o bună cunoaștere a anatomiei chirurgicale, totodată și coordonarea mână-ochi necesară unei bune manualități în manevrarea endoscopului și a instrumentelor chirurgicale.

Acest tip de chirurgie prezintă o curbă de învățare lungă, o perioada de învățare în care debutantii deprind abilități și tehnici chirurgicale de bază caracteristice procedurilor endoscopice, fiind necesară manevrarea corectă a instrumentelor, având în vedere imaginea 2D de endoscopie ce necesită o bună percepție în profunzime și orientare în spațiu din partea chirurgului.

Antrenamentul chirurgical în FESS depinde în mare măsură de existența și accesul la laboratoare dotate unde se poate realiza disecție endoscopică rinosinusală pe capete de cadavru uman, însă apariția unor limitari medicale, etice și chiar morale în procurarea acestui tip de material biologic pentru antrenament chirurgical, determină căutarea unei alternative accesibile prin implementarea unui model anatomic ce prezintă elemente anatomice similare craniului uman.

În acest sens, această lucrare dorește parcurgerea etapelor esențiale pentru a dovedi posibilitatea implementării ca model anatomic a modelului ovin-capul de oaie pentru antrenamentul în FESS în cadrul centrului nostru de pregătire.

Teza este structurată conform reglementărilor în vigoare, în stadiul actual al cunoașterii și partea de contribuție personală.

Stadiul actual al cunoașterii înglobează informațiile relevante privind anatomia endoscopică chirurgicală rinosinusală umană, posibilitățile de antrenament existente la momentul actual în FESS, cunoașterea actuală privind modelul ovin de antrenament și nu în ultimul rând, noțiuni actuale despre evaluarea curbei de învățare în chirurgie cu ajutorul senzorilor de tip accelerometru, metodă aplicată în FESS în premieră cu ajutorul modelului ovin prezentat în cadrul acestei teze.

Pentru a doua parte a tezei, de contribuții personale, am propus o abordare sistematică a subiectului având în vedere informațiile limitate din literatura de specialitate. Astfel, la bază stă un review de literatură care documentează modelele fizice de antrenament în FESS existente la momentul actual în literatura de specialitate, care

---

îndeplinesc un considerent important de menționat, și anume nu folosesc tehnologia realității virtuale, în felul acesta menținându-se costuri reduse pentru acest tip de simulator. Prin al doilea studiu efectuat s-au evidențiat anatomia macroscopică, particularitățile imagistice CT, caracteristicile histologice ale mucoasei nazale și aspectele endoscopice ale modelului ovin, punând în lumina avantajele și dezavantajele acestuia pentru a fi utilizat ca model anatomic de pregătire în chirurgia endoscopică rinosinusală.

Ultimele două studii au cuprins o cercetare amplă separată printr-o evaluare subiectivă a capului de oaie pentru formarea de bază în FESS urmată ulterior de evaluarea obiectivă a deprinderii abilităților chirurgicale în FESS folosind modelul ovin cu ajutorul senzorilor de tip accelerometru atașați pe mâinile medicilor evaluați, aceștia având diferite grade de pregătire în chirurgia endoscopică rinosinusală. În acest fel se realizează o analiză a mișcărilor mâinii în timpul instruirii chirurgicale, analiză ce ne oferă date detaliate despre deplasarea acestora, în felul acesta putând a fi cuantificate caracteristicile mișcării care disting diferite nivele de expertiză chirurgicală. Astfel poate fi îmbunătățită obiectivitatea evaluării chirurgicale dar duce și la o creștere a eficacității mecanismelor de feedback în antrenamentul chirurgical în FESS folosind modelul ovin.

Lucrarea are impact la nivel național dar și internațional, contribuie cu date noi în cadrul literaturii de specialitate, deoarece până în prezent pentru modelul ovin, respectiv capul de oaie, nu a existat o evaluare amplă pentru antrenamentul în FESS, pornind de la studiul ex vivo al capului de oaie din punct de vedere anatomic, histologic, endoscopic și imagistic până la implementarea acestuia în pregătirea chirurgicală a debutanților, aducând argumente subiective și obiective, utilizând senzorii de tip accelerometru pentru evaluarea progresului participanților la studiu.

## **CONTRIBUȚIA PERSONALĂ**

### **Studiul 1. Modele anatomico fizice pentru antrenamentul în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală**

**Introducere.** Simularea reprezintă un factor cheie în evoluția învățării și practicii medicale încă din secolul 20, conducând la o precizie și calitate mai ridicate în formarea medicală. Metoda chirurgicală utilizată frecvent pentru tratamentul patologiei infecto-inflamatorii rinosinusale este cunoscută sub denumirea de chirurgie endoscopică rinosinusală. Pentru ca pacienții să poată beneficia de o îngrijire superioară dar cu un risc minim, formarea rezidenților și a tinerilor specialiști chirurghi în acest domeniu a devenit din ce în ce mai importantă. Astfel, s-au cercetat diverse metode pentru a îmbunătăți curba de învățare în cadrul chirurgiei endoscopice rinosinusale.

---

**Metode.** S-a realizat o căutare în bazele de date electronice MEDLINE (Pubmed), Embase și Ovid pentru literatura de specialitate în limba engleză utilizând criteriile avansate de căutare folosind termenii MeSH „endoscopic sinus surgery”, „rhinology”, „simulation” și „training”. De asemenea, lista de referințe a studiilor incluse a fost evaluată pentru alte articole suplimentare. S-a realizat o identificare sistematică a tuturor studiilor ce au propus antrenamentul în chirurgia endoscopică rinosinusală folosind simulatoare fizice, fără a fi implicată realitatea virtuală, astfel toate articolele identificate au fost evaluate independent pentru includerea în studiu. Au fost incluse articole care au studiat simulatoarele fizice, modele anatomice printate 3D, modelele animale cadaverice și modele vegetale propuse pentru pregătirea în chirurgia endoscopică rinosinusală. Au fost excluse studiile în alte limbi decât limba engleză, rezumatele provenind de la conferințe și cele care nu au avut ca temă pregătirea în chirurgia endoscopică rinosinusală utilizând simulatoare fizice sau cele care au implicat realitatea virtuală.

**Rezultate.** Un total de 647 de studii au fost identificate și examinate, dintre care 314 articole au fost considerate relevante. Dintre acestea, 262 au fost excluse după examinarea textului integral și 16 articole au fost excluse în timpul extragerii datelor. În final, un total de 36 de studii au fost identificate descriind 20 de simulatoare fizice destinate antrenamentului în chirurgia endoscopică rinosinusală. Dintre acestea, 15 simulatoare au cel puțin un studiu de validare. Validitatea de față a fost evaluată de 12 studii, 10 studii au evaluat validitatea de conținut, 9 studii au demonstrat validitatea constructivă, iar doar 2 articole au prezentat validitate concurrentă.

**Concluzii.** Modelul ovin a fost utilizat pe scară largă în diverse studii de cercetare și programe de formare chirurgicală cu rezultate promițătoare în pregătirea cursanților pentru procedurile chirurgicale evaluate. Drept urmare, a devenit o alegere populară pentru instituțiile medicale și centrele de rinologie din întreaga lume.

## **Studiul 2. Studiu anatomic comprehensiv al capului de oaie pentru pregătirea de bază în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală.**

**Introducere.** Pregătirea tinerilor medici în domeniul FESS necesită centre de formare dedicate unde disecția endoscopică rinosinusală trebuie să fie efectuată pe capete de cadavre. Din păcate, de-a lungul timpului, din considerente etice, achiziționarea cadavrelor pentru pregătirea chirurgicală a devenit limitată, uneori chiar interzisă. În acest sens, există nevoia unor modele anatomice, mai ușor de procurat și de utilizat, care pot fi utile în formarea FESS. Scopul acestui studiu este de a scoate în evidență aspectele anatomice macroscopice, particularitățile imagistice CT, caracteristicile histologice ale mucoasei nazale ovine și detaliile anatomice endoscopice, subliniind atât avantajele, cât și dezavantajele folosirii acestui model ca suport anatomic în pregătirea pentru chirurgia endoscopică rinosinusală.



---

**Metode.** Studiu prospectiv experimental, ce s-a desfasurat în cadrul Centrului de Aptitudini Practice și Simulare în Medicină al Universității de Medicină și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca. Trei capete de oaie matură, rasă țurcană românească, cu vârsta de peste 10 luni, au fost procurate de la un abator local. Examinarea acestor specimene s-a efectuat utilizând un scanner helicoidal, secțiunile CT fiind stocate în format DICOM pentru analiză. După captura imaginilor CT, două capete congelate păstrate la -20°C au fost supuse secționării seriate folosind un fierastrău electric. Unul din capete a fost secționat sagital, împărțind craniul în două părți egale. Acest procedeu a menținut septul nazal pe o parte, expunând peretele lateral al fosei nazale pe cealaltă. În plus, secțiuni anatomice transversale cu o grosime de aproximativ 2.5 cm au fost obținute din al doilea cap congelat, fiecare secțiune fiind fotografiată și documentată. Al treilea cap de oaie a fost evaluat prin examinare endoscopică și prin efectuarea unor manevre endonazale, folosind echipament și instrumentar specific. Ulterior mostre din mucoasa septală și cornetul nazal inferior au fost colectate, conservate în formol și trimise pentru examinare histopatologică.

**Rezultate.** Studiul a evidențiat cu succes secțiunile anatomice rezultate, aspectele imagistice CT, caracteristicile histologice ale mucoasei nazale ovine și caracteristicile anatomice endoscopice, demonstrând similitudinea modelului ovin cu anatomia umană.

**Concluzii.** Modelul anatomic al capului de oaie oferă o alternativă importantă pentru tinerii rezidenți în chirurgia endoscopică rinosinusală în vederea deprinderii manualității în utilizarea instrumentelor specifice, pentru coordonarea mâna-ochi având în vedere imaginea 2D de endoscopie dar și pentru exersarea unor tehnici chirurgicale de bază în FESS. În ciuda întâmpinării mai multor dificultăți, inclusiv unele diferențe anatomice, considerându-se avantajele sale certe, îl transformă într-un model anatomic ideal pentru antrenamentul începătorilor în FESS.

### **Studiul 3. Evaluarea subiectivă a capului de oaie pentru antrenamentul în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală**

**Introducere.** Una dintre abordările propuse implică utilizarea capului de oaie ca model anatomic ex vivo, deși literatura pe acest subiect este în prezent redusă și lipsesc studii cuprinzătoare. Astfel, acest studiu își propune să stabilească capul de oaie ca un model anatomic viabil pentru pregătire în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală profitând de avantajele acestuia.

**Metode.** Studiu prospectiv experimental, ce s-a desfasurat în cadrul Centrului de Aptitudini Practice și Simulare în Medicină al Universității de Medicină și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca. Participanții au fost împărțiți în trei grupuri în funcție de experiența anterioară în chirurgia endoscopică rinosinusală. În total, 24 participanți au fost incluși în studiu. Fiecărui participant la studiu i-a fost atribuit să efectueze procedurile endoscopice stabilite pe un singur cap de oaie, vizând ambele fose nazale. După finalizarea procedurilor, fiecărui participant i s-a furnizat un chestionar de satisfacție cu 14 întrebări, pentru fiecare răspuns fiind atribuită o scală de la 1 la 5; 1,

---

indicând "total dezacord", iar 5, semnificând "complet de acord". Acest lucru a permis participanților să ofere feedback detaliat, facilitând o evaluare amplă a satisfacției lor generale și a percepției asupra procedurilor efectuate. Pentru fiecare grup, s-au calculat media și deviația standard pentru un răspuns individual din chestionar. Normalitatea distribuției a fost verificată aplicând Testul Shapiro-Wilk. Testul Kruskal-Wallis a fost aplicat pentru a evalua nivelul de acord al grupului de studiu față de procedurile individuale.

**Rezultate.** Grupul rezidenților a prezentat un scor mediu de satisfacție  $4.09 \pm 0.54$ ; medicii specialiști au avut valori de  $4.00 \pm 0.55$ , iar medicii primari au prezentat un scor mediu de satisfacție de  $4.2 \pm 0.77$ . Ținând cont de scorul mediu de satisfacție ale acestor 3 grupuri, nu se poate consemna o semnificație statistică, având o valoare P de 0.598. Acest lucru implică faptul că nivelul de experiență nu a condus la opinii diferite cu privire la eficacitatea și realismul modelului de instruire.

**Concluzii.** Capul de oaie poate fi folosit cu succes pentru învățarea și practicarea abilităților tehnice în utilizarea instrumentelor specifice chirurgiei endoscopice funcționale rinosinusală, dar și pentru învățarea unor proceduri de bază chirurgicale endoscopice. În ciuda diferențelor dintre modelul de oaie și anatomia rinosinusală umană, acesta oferă resurse și costuri minime pentru începători care doresc să-și dezvolte abilități aplicabile în practica lor.

## **Studiul 4. Evaluarea obiectivă a capului de oaie pentru antrenamentul în chirurgia endoscopică funcțională rinosinusală**

**Introducere.** Analiza mișcării pentru a evalua performanța, joacă un rol crucial în formarea chirurgicală. Aceasta oferă date obiective care pot fi folosite pentru a evalua și îmbunătăți precizia, eficiența și tehnica chirurgicală a rezidenților. Scopul principal al acestui studiu este de a utiliza senzori bazați pe tehnologia accelerometrului, plasați pe încheietura mâinii pentru a analiza mișcările mâinii în timpul instruirii în chirurgia endoscopică rinosinusală. Prin captarea datelor detaliate de mișcare, studiul încearcă să cuantifice caracteristicile mișcării care disting diferitele nivele de expertiză chirurgicală. Această abordare caută nu numai să cuantifice caracteristicile mișcării indicative ale expertizei chirurgicale, dar și să îmbunătățească obiectivitatea și eficacitatea mecanismelor de feedback în instruirea chirurgicală.

**Metode.** Studiu prospectiv experimental, ce s-a desfășurat în cadrul Centrului de Aptitudini Practice și Simulare în Medicină al Universității de Medicină și Farmacie „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca.

Participanții au fost grupați în trei categorii diferite, bazate pe experiența lor în chirurgia endoscopică rinosinusală. Fiecărui participant la studiu i-a fost atribuit să efectueze procedurile endoscopice stabilite pe un singur cap de oaie, vizând ambele fose nazale. Un singur senzor Bluetooth WitMotion, a fost montat pe suprafața dorsală a fiecărei mâini, în porțiunea mediană a metacarpianului trei. Acești senzori încorporează

---

un accelerometru triaxial de înaltă precizie și un giroscop triaxial care colectează coordonatele carteziane (x, y, z) cu o frecvență de până la 256 Hz. Acest lucru facilitează evaluarea parametrilor de eficiență precum timpul, lungimea traseului și accelerația pe parcursul efectuării procedurilor endoscopice. Datele de la accelerometru au fost colectate, transmise la software-ul computerului prin Bluetooth 2.0 și importate în format CSV. Pentru fiecare grup de chirurghi – primari, specialiști și rezidenți – au fost calculate valorile medii și deviațiile standard. Testul Shapiro-Wilk a evaluat normalitatea distribuției. Pentru a compara timpul procedural, accelerația și diferențele de lungime a traseului între cele trei niveluri de experiență ale chirurgilor, a fost folosit testul Kruskal-Wallis.

**Rezultate.** Pentru timpul de efectuare al procedurilor, semnificația statistică este identificată pentru toate manevrele chirurgicale ( $p < 0.001$ ), cu cea mai mare diferență în cazul septoplastiei efectuate de către medicii primari. Se poate observa o diferență clară între accelerația rezultată de către mâna dominantă și mâna nondominantă și între grupurile de studiu. Diferența între grupuri atinge semnificația statistică cu o valoare  $p < 0.001$ . O diferență semnificativă statistic poate fi observată între traseele acoperite de mâna fiecărui participant ( $p < 0.001$ ). De asemenea, medicii primari au efectuat manevrele chirurgicale endoscopice cu o economie de mișcare evidentă în comparație cu specialiștii și medicii rezidenți ( $p < 0.001$ ).

**Concluzii.** Aceste date arată o curbă clară de învățare de la rezident la primar, cu rezidenți care au timpi de execuție mai mari și mișcare mai amplă pentru a completa aceleași sarcini. Medicii specialiști sunt în faza intermediară, arătând semne de perfecționare a tehnicii lor. Aceste rezultate pot ajuta la personalizarea programelor de instruire pentru o mai bună eficiență, cu generarea de proceduri mai rapide, cât și pe economia de mișcare cu reducerea lungimii traseului și a accelerației, în special în procedurile mai complexe unde diferența de performanță este mai pronunțată.

---

## Concluzii generale

1. Prin reviewul de literatură s-a putut oferi o privire de ansamblu asupra modelelor fizice de antrenament în FESS validate existente la momentul actual ce nu folosesc tehnologia realității virtuale. Astfel s-a putut observa că nu există o standardizare a acestora și a programelor de pregătire în FESS.
2. S-a putut realiza o sintetizare a tehnicilor de antrenament folosite în momentul actual pentru pregătirea chirurgicală în FESS folosind simulatoare fizice.
3. Similitudinile anatomice și accesibilitatea, transformă modelul ovin-capul de oaie într-o alegere practică pentru deprinderea manualității în utilizarea instrumentelor specifice FESS, a coordonării mână-ochi având în vedere imaginea 2D de endoscopie dar și pentru exersarea unor tehnici chirurgicale de bază în FESS.
4. Acest studiu a arătat că anatomia rinosinusală a capului de oaie prezintă similități cu anatomia rinosinusală umană, făcându-l un model cadaveric potrivit pentru antrenamentul chirurgical în procedurile endoscopice rinosinuale.
5. Utilizarea capului de oaie pentru dobândirea abilităților chirurgicale are ca limitare principală absența condițiilor intraoperatorii reale, respectiv a riscului de sângerare, care pot contribui suplimentar la dobândirea abilităților chirurgicale.
6. Există și o serie de diferențe semnificative care trebuie luate în considerare. Dimensiunea, forma și orientarea anumitor structuri pot varia, influențând potențial rezultatele simulărilor chirurgicale.
7. Studiile de validare care compară rezultatele între modelul ovin-capul de oaie și cel uman sunt esențiale pentru a stabili aplicabilitatea și potențialul de translație al abilităților dobândite în practica clinică curentă.
8. Percepția asupra utilității și realismului modelului nu se corelează constant cu nivelul de experiență al participanților. Valorile  $p$  sugerează că nu există diferențe statistice semnificative între răspunsurile grupurilor. Acest lucru implică faptul că nivelul de experiență nu a condus la opinii diferite cu privire la eficacitatea și realismul modelului de instruire.
9. Scorul de satisfacție generală în toate grupurile a fost egal sau mai mare de 4 puncte din 5 total posibile, ceea ce înseamnă că s-a ajuns la un acord puternic în toate grupurile, indiferent de experiența anterioară, în favoarea considerării capului de oaie ca un model util pentru pregătirea chirurgicală endoscopică rinosinusală.
12. Experiența se corelează nu doar cu timpul procedural, dar și cu economia de mișcare. Pe măsură ce chirurgii câștigă experiență, ei tind să efectueze sarcinile chirurgicale cu mai puțină mișcare și accelerație, indicând proceduri mai eficiente și controlate.
13. Datele arată o curbă clară de învățare de la rezident la primar, cu rezidenți care au timpi mai mari și mișcare mai amplă pentru a completa aceleași sarcini. Specialiștii sunt în faza intermediară, arătând semne de perfecționare a tehnicii lor.
14. Aceste constatări ilustrează impactul semnificativ al experienței asupra performanței chirurgicale, așa cum se vede prin prisma timpilor procedurali și analizei mișcării cantitative.

---

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

Această lucrare se aliniază direcției principale de evaluare și îmbunătățire a curbei de învățare în chirurgia endoscopică rinosinusală. Modelul ovin-capul de oaie este prezentat în premieră națională în vederea antrenamentului chirurgical în FESS și participă la completarea acestui domeniu de cercetare la nivel internațional.

Anatomia rinosinusală a capului de oaie a fost prezentată într-un mod amplu, punând în evidență asemănările și deosebirile față de anatomia umană rinosinusală, precum avantajele și limitările folosirii acestui model anatomic în antrenamentul chirurgical în FESS pentru tinerii medici.

Evaluarea subiectivă a acestui model ovin prin folosirea unui chestionar de satisfacție post-procedural, a relevat valori foarte bune ale scorului de satisfacție generală, aspect care pledează în favoarea considerării capului de oaie ca un model util pentru pregătirea chirurgicală endoscopică rinosinusală.

După cunoștințele noastre, acesta este primul studiu la nivel internațional care analizează în mod obiectiv mișcarea mâinii folosind senzori de accelerometru atașați pe mâinile participanților în timpul instruirii chirurgicale în FESS, folosind modelul ovin ca un model anatomic de instruire pentru acest tip de chirurgie. Acest studiu deschide astfel noi posibilități pentru evaluarea ulterioară modelului ovin, poate chiar prin evaluarea în vivo a acestui model, compensând în acest fel lipsa sângerării intraoperatorii.



---

---

PhD THESIS SUMMARY

# The sheep's head-an anatomical model for training in functional endoscopic sinus surgery

---

PhD Student **Constantin Stan**

---

PhD Supervisor **Prof. Dr.Dr. H.C. Marcel Cosgarea**

---



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





---

# TABLE OF CONTENTS

<b>INTRODUCTION</b>	15
<b>CURRENT STATE OF KNOWLEDGE</b>	
<b>1. Elements of endoscopic rhinological anatomy</b>	19
1.1. Ostiomeatal complex	19
1.2. Middle turbinate	20
1.3. Ethmoidal complex	21
1.4. Maxillary sinus	22
1.5. Sphenoid sinus	22
1.6. Frontal sinus	22
1.7. Anterior skull base	23
<b>2. Functional endoscopic sinus surgery (FESS)</b>	25
2.1. Brief history	25
2.2. FESS indications	25
2.3. FESS complications	26
<b>3. Training in FESS</b>	27
3.1. "Classical" training in FESS	27
3.2. Training simulators in FESS	28
3.2.1. Virtual reality technology in surgical simulation	28
<b>4. Physical simulators in FESS</b>	31
4.1. Physical simulators generated with the help of 3D printing	31
<b>5. The ovine model for surgical training</b>	33
5.1. The ovine model for surgical training in ENT	33
5.1.1. The ovine model for surgical training in FESS	34
<b>6. Surgical simulator validation</b>	37
6.1. Definition	37
6.2. Types of validation	37
<b>7. Evaluating the learning curve in FESS using accelerometer sensors</b>	39
7.1. Definition of the accelerometer	39

---

7.2. Practical applications of accelerometer sensors	39
7.3. Applications of accelerometer sensors in surgical training	40

## **PERSONAL CONTRIBUTION**

<b>1. Hypothesis/objectives</b>	47
<b>2. Study 1. Physical Anatomical Models for Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery</b>	49
2.1. Introduction	49
2.2. Hypothesis/objectives	49
2.3. Materials and methods	50
2.4. Results	50
2.5. Discussions	57
2.6. Conclusions	59
<b>3. Study 2. Comprehensive Anatomical Study of the Sheep's Head for Basic Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery</b>	61
3.1. Introduction	61
3.2. Hypothesis/objectives	61
3.3. Materials and methods	62
3.4. Results	62
3.5. Discussions	74
3.6. Conclusions	76
<b>4. Study 3. Subjective Evaluation of the Sheep's Head for Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery</b>	77
4.1. Introduction	77
4.2. Hypothesis/objectives	77
4.3. Materials and methods	78
4.4. Results	80
4.5. Discussions	86
4.6. Conclusions	89
<b>5. Study 4. Objective Evaluation of the Sheep's Head for Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery</b>	91
5.1. Introduction	91
5.2. Hypothesis/objectives	92
5.3. Materials and methods	92
5.4. Results	95
5.5. Discussions	98
5.6. Conclusions	101

---

<b>6. General conclusions</b>	103
<b>7. Originality and innovative contributions of the thesis</b>	105
<b>REFERENCES</b>	107
<b>APPENDIX</b>	117

**Keywords:** simulation, surgical training, functional endoscopic sinus surgery, sheep's head, accelerometer, hand movement analysis

---

## INTRODUCTION

Nowadays, the concept of minimally invasive functional endoscopic surgery represents the treatment of choice for multiple pathologies in the sinonasal area. The term 'functional' implies the conservation of the anatomical structures of the nasal fossae and the lateral wall. This type of surgery comes with a series of advantages such as reduced bleeding, reduced postoperative edema, minimal postoperative care, and the possibility of practicing 'day surgery.' Functional endoscopic sinus surgery (FESS) requires, besides a good knowledge of surgical anatomy, also the hand-eye coordination necessary for good manual dexterity in handling the endoscope and surgical instruments. This type of surgery presents a long learning curve, a period during which beginners acquire basic surgical skills and techniques characteristic of endoscopic procedures. Correct handling of instruments is necessary, considering the 2D endoscopic image that requires good depth perception and spatial orientation from the surgeon. Surgical training in FESS largely depends on the existence and access to well-equipped laboratories where endoscopic sinonasal dissection can be performed on human cadaver heads. However, the emergence of medical, ethical, and even moral limitations in obtaining this type of biological material for surgical training leads to the search for an accessible alternative through the implementation of an anatomical model that presents anatomical elements similar to the human skull. In this regard, this work aims to go through the essential steps to demonstrate the possibility of implementing the ovine model—the sheep's head—as an anatomical model for FESS training within our training center.

The thesis is structured according to the current regulations, encompassing the current state of knowledge and the personal contribution part.

The current state of knowledge includes relevant information about human surgical endoscopic sinonasal anatomy, current training possibilities in FESS, current knowledge regarding the ovine training model, and current notions about evaluating the learning curve in surgery using accelerometer sensors, a method applied in FESS for the first time with the help of the ovine model presented in this thesis.

For the second part of the thesis, concerning personal contributions, a systematic approach to the subject was proposed, considering the limited information in the specialized literature. Thus, it is based on a literature review documenting the physical training models in FESS currently existing in the specialized literature, which meet an important consideration to be mentioned, namely not using virtual reality technology, thus maintaining low costs for this type of simulator. Through the second study

---

conducted, the macroscopic anatomy, CT imaging particularities, histological characteristics of the nasal mucosa, and endoscopic aspects of the ovine model were highlighted, showcasing its advantages and disadvantages for use as an anatomical training model in endoscopic sinonasal surgery.

The last two studies included extensive research separated by a subjective evaluation of the sheep's head for basic FESS training, followed by an objective evaluation of the surgical skills acquisition in FESS using the ovine model with the help of accelerometer sensors attached to the hands of the evaluated doctors, who have different levels of training in endoscopic sinonasal surgery. In this way, an analysis of hand movements during surgical training is carried out, providing detailed data on their movement, thus allowing the quantification of movement characteristics that distinguish different levels of surgical expertise. This can improve the objectivity of surgical evaluation and increase the effectiveness of feedback mechanisms in surgical training in FESS using the ovine model.

The work has an impact both nationally and internationally, contributing new data to the specialized literature. To date, for the ovine model, specifically the sheep's head, there has not been a comprehensive evaluation for FESS training, starting from the ex vivo study of the sheep's head from an anatomical, histological, endoscopic, and imaging perspective to its implementation in the surgical training of beginners, bringing subjective and objective arguments using accelerometer sensors to evaluate the progress of study participants.

## **PERSONAL CONTRIBUTION**

### **Study 1. Physical Anatomical Models for Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery**

**Introduction.** Simulation has been a key factor in the evolution of medical learning and practice since the 20th century, leading to higher precision and quality in medical training. A surgical procedure that is commonly used for reducing and improving symptoms of sinus infections and nasal obstruction is known as endoscopic sinus surgery. In order to provide superior patient care with minimal risk, the training of surgical residents and young specialists has become increasingly important. As a result, various methods have been researched to enhance their surgical techniques.

**Methods.** A general analysis of the studies published before 2023 about the models proposed and used for training in endoscopic sinus surgery were performed. In this way, we have collected data from the MEDLINE, EMBASE, and OVID databases. Key terms used in the search for each database included “endoscopic sinus surgery”,

---

“rhinology”, “simulation”, “training”. Also, the reference list of included studies was searched for other additional articles.

Were included articles that studied non-virtual physical simulators, task trainers, and cadaveric animal models proposed for training in endoscopic sinus surgery. Non-English language studies, conference abstracts and those not related to training using physical simulators were excluded. The literature review is presented in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines.

**Results.** A total of 647 studies were identified and screened, of which, 314 articles were assessed as relevant. Of those, 262 were excluded after the full-text screen and 16 articles were excluded during data extraction. In final, a total of 36 studies were identified describing 20 non-virtual physical simulators for training in endoscopic sinus surgery skills. Of these, 15 simulators have at least one validation study. Face validity was evaluated by 12 studies, 10 studies assessed content validity, 9 studies attempted to show construct validity, and only 2 concurrent validities.

**Conclusions.** Moreover, it is worth noting that the ovine model has been extensively utilized in various research studies and surgical training programs, and has demonstrated promising results in preparing trainees for actual surgical procedures. As a result, it has become a popular choice for medical institutions and rhinology centers worldwide.

## **Study 2. Comprehensive Anatomical Study of the Sheep's Head for Basic Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery**

**Introduction.** Training young doctors in functional endoscopic sinus surgery requires dedicated centers for cadaveric dissections. However, ethical constraints have limited cadaver availability. Alternative anatomical models, like the ovine model, are being explored for effective training, offering easier procurement and resembling human head anatomy. This study aims to demonstrate that the ovine model is useful for endoscopic sinus surgery training, highlighting the anatomical, imaging, histological, and endoscopic aspects.

**Methods.** Three adult Native Romanian Turcana sheep's heads were obtained fresh and frozen from a local slaughterhouse. Using a helical scanner, CT scans were performed, and anatomical structures in the images were carefully labeled. Two heads frozen at -20°C were serially sectioned, with one cut sagittally, dividing the skull, and the other head sectioned transversely with 2.5 cm thickness. Sectional photographs were taken. The third sheep's head underwent endoscopy, and samples from the septal mucosa and inferior turbinate were collected for histopathology examination. The specimens were processed, stained, and examined by a pathologist.

**Results.** The study successfully highlighted the gross anatomy, CT imaging aspects, histological characteristics of sheep nasal mucosa, and endoscopic features,

---

demonstrating the similarity of the sheep's head to human anatomy, making it a suitable anatomical training model for endoscopic sinus surgery.

**Conclusions.** The use of sheep's heads as substitutes for human cadaver heads in nasal surgery simulations presents a promising avenue for research. The anatomical similarities and cost-effectiveness make sheep's heads a practical choice for certain aspects of nasal surgery investigation. However, researchers must approach this methodology with a thorough understanding of its limitations, including anatomical and biomechanical differences. Validation studies comparing outcomes with human models are crucial to establishing reliability. The sheep's head anatomical model provides a highly valuable experience for young trainees in endoscopic sinus surgery. Despite encountering several challenges, including some anatomical differences, considering its advantageous attributes renders it an ideal material for mimicking surgical procedures in functional endoscopic sinus surgery.

### **Study 3. Subjective Evaluation of the Sheep's Head for Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery**

**Introduction.** One proposed approach involves using sheep heads as anatomical ex vivo models, although the literature on this subject is currently scarce and lacks comprehensive studies. This study aims to establish the sheep head as a viable anatomical model for training in functional endoscopic sinus surgery through comprehensive anatomical examination and training-based assessment of participants' satisfaction.

**Methods.** Participants were divided into three groups according to their prior experience in endoscopic sinus surgery; in total, 24 participants were included. Each participant in the study was assigned to perform the designated procedures on a single sheep's head. Following the completion of the procedures, each participant was provided with a 14-item comprehensive satisfaction questionnaire with a scale attributed from 1 to 5. The normality of distribution was checked by applying the Shapiro-Wilk Test. The Kruskal-Wallis test was applied to compare study group sentiment of agreement towards individual procedures.

**Results.** No significant differences were noted between the answers of the different groups. For the resident group, the average satisfaction score was  $4.09 \pm 0.54$ ; junior specialist group  $4.00 \pm 0.55$ ; for the senior specialist group overall satisfaction average score was  $4.2 \pm 0.77$  with  $p$  value of 0.598. This implies that the level of experience did not lead to different opinions regarding the effectiveness and realism of the training model.

**Conclusions.** The sheep's head can be successfully used for learning and practicing manual skills and the use of instruments specific to functional endoscopic sinus surgery. Despite the differences between the ovine model and human anatomy, it provides a resourceful and cost-effective model for beginners in endoscopic nasal surgery.

---

## Study 4. Objective Evaluation of the Sheep's Head for Training in Functional Endoscopic Sinus Surgery

**Introduction.** Motion analysis, the study of movement patterns to evaluate performance, plays a crucial role in surgical training. It provides objective data that can be used to assess and improve trainee's precision, efficiency, and overall surgical technique. The primary aim of this study is to employ accelerometer-based sensors placed on the wrist to analyze hand motions during endoscopic sinus surgery training using the sheep's head. By capturing detailed movement data, the study seeks to quantify the motion characteristics that distinguish different levels of surgical expertise. This approach seeks to quantify motion characteristics indicative of surgical expertise and enhance the objectivity and effectiveness of surgical training feedback mechanisms.

**Methods.** Twenty-four participants were divided into three groups based on their experience with endoscopic endonasal surgery. Each participant was tasked with performing specified procedures on an individual sheep's head, concentrating on exploring both nasal passages. A single Bluetooth Accelerometer WitMotion sensor was mounted on the dorsal surface of each hand. This facilitates the evaluation of efficiency parameters such as time, path length, and acceleration during the training procedures. Accelerometer data were collected and imported in CSV format (comma-separated values) for each group of surgeons-senior, specialist, and resident-mean values and standard deviations were computed. The Shapiro- Wilk Test assessed the normality of the distribution. The Kruskal-Wallis test was employed to compare procedural time, acceleration, and path length differences across the three surgeon experience levels.

**Results.** For the procedural time, statistical significance appears in all surgical steps ( $p < 0.001$ ), with the biggest difference in the septoplasty group in favor of the senior group. A clear difference can be observed between the resulting acceleration of the dominant hands (instrument hand) and the nondominant hand (endoscopic hand) and between the study groups. The difference between groups reaches statistical significance with a  $p$ -value  $< 0.001$ . A statistically significant difference can be seen between the paths covered by each hand of every participant ( $p < 0.001$ ). Also, senior doctors covered significantly less movement with both hands than the specialists and the resident doctors ( $p < 0.001$ ).

**Conclusions.** The data show a clear learning curve from resident to senior, with residents taking more time and using more hand movements to complete the same tasks. Specialists are in the intermediate phase, showing signs of honing their technique towards efficiency. This comprehensive data set can help tailor training programs to focus on both efficiency (quicker procedures) and economy of motion (reduced path length and acceleration), especially in more complex procedures where the difference in performance is more pronounced.



---

## General Conclusions

1. Through the literature review, an overview of the currently existing validated physical training models in FESS that do not use virtual reality technology could be provided. Thus, it was observed that there is no standardization of these models and FESS training programs.
2. A synthesis of the training techniques currently used for surgical training in FESS using physical simulators could be achieved.
3. The anatomical similarities and accessibility make the ovine model—the sheep's head—a practical choice for mastering the manual use of FESS-specific instruments, hand-eye coordination considering the 2D endoscopic image, and practicing basic surgical techniques in FESS.
4. This study showed that the sinonasal anatomy of the sheep's head has similarities to human sinonasal anatomy, making it a suitable cadaveric model for surgical training in endoscopic sinonasal procedures.
5. The main limitation of using the sheep's head for acquiring surgical skills is the absence of real intraoperative conditions, namely the risk of bleeding, which can further contribute to acquiring surgical skills.
6. There are also significant differences that need to be considered. The size, shape, and orientation of certain structures can vary, potentially influencing the results of surgical simulations.
7. Validation studies comparing results between the ovine model—the sheep's head—and the human model are essential to establish the applicability and potential for translating the acquired skills into current clinical practice.
8. The perception of the model's utility and realism does not consistently correlate with the participants' level of experience. The p-values suggest no statistically significant differences between the groups' responses. This implies that the level of experience did not lead to different opinions regarding the effectiveness and realism of the training model.
9. The overall satisfaction score in all groups was equal to or greater than 4 out of 5 possible points, indicating strong agreement in all groups, regardless of previous experience, in favor of considering the sheep's head as a useful model for endoscopic sinonasal surgical training.
10. Experience correlates not only with procedural time but also with movement economy. As surgeons gain experience, they tend to perform surgical tasks with less movement and acceleration, indicating more efficient and controlled procedures.
11. The data shows a clear learning curve from resident to senior, with residents having longer times and broader movements to complete the same tasks.

---

Specialists are in the intermediate phase, showing signs of refining their technique.

12. These findings illustrate the significant impact of experience on surgical performance, as seen through procedural times and quantitative motion analysis.

## **Originality and Innovative Contributions of the Thesis**

This work aligns with the main direction of evaluating and improving the learning curve in endoscopic sinonasal surgery. The ovine model—the sheep's head—is presented for the first time nationally for surgical training in FESS and contributes to completing this research field internationally.

The sinonasal anatomy of the sheep's head was presented comprehensively, highlighting the similarities and differences with human sinonasal anatomy, as well as the advantages and limitations of using this anatomical model for surgical training in FESS for young doctors.

The subjective evaluation of this ovine model using a post-procedural satisfaction questionnaire revealed very good values for the overall satisfaction score, which supports considering the sheep's head as a useful model for endoscopic sinonasal surgical training.

To our knowledge, this is the first international study to objectively analyze hand movement using accelerometer sensors attached to the participants' hands during surgical training in FESS, using the ovine model as an anatomical training model for this type of surgery. This study thus opens new possibilities for further evaluation of the ovine model, perhaps even through in vivo evaluation of this model, compensating for the lack of intraoperative bleeding.

---