

TEZA DE DOCTORAT

**Opțiuni moderne de tratament chirurgical în patologia
ligamentului încrucișat anterior: analiză epidemiologică și
statistică**

Doctorand: **Gloria Alexandra Tolan**

Conducător de doctorat: **Cristian George Furău**



UNIVERSITATEA DE VEST
"VASILE GOLDIȘ"
din ARAD

CUPRINS

INTRODUCERE	12
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	14
1. CAPITOLUL I. BAZELE ANATOMICE, BIOMECANICE ȘI FIZIOPATOLOGICE ALE RUPTURII LIA	15
1.1. Anatomia articulației genunchiului	15
1.2. Anatomia și microstructura ligamentului încrucișat anterior	15
1.3. Rolul funcțional al ligamentului încrucișat anterior	17
1.3.1. Funcția mecanică	17
1.3.2. Funcția proprioceptivă	18
1.4. Biomecanica stabilității articulare	18
1.5. Implicațiile clinice ale leziunilor de LIA	19
1.5.1. Instabilitatea articulară și impactul funcțional	20
1.5.2. Leziunile meniscale și condropatiile asociate	20
1.5.3. Riscul de artroză posttraumatică	20
1.5.4. Rezultate funcționale și revenirea la sport	21
1.6. Fiziopatologia rupturii ligamentului încrucișat anterior	22
1.6.1. Răspunsul inflamator acut post-traumatic	22
1.6.2. Instabilitatea biomecanică și mecanotransducția patologică	22
1.6.3. Fiziopatologia artrozei posttraumatice	23
1.6.4. Alterările neuromusculare și inhibiția artrogenă	23
2. EPIDEMIOLOGIA, MECANISMELE ȘI FACTORII DE RISC AI RUPTURII LIA	24
2.1. Epidemiologia globală și națională	24
2.2. Mecanisme de leziune ale LIA	25
2.3. Factorii de risc pentru ruptura ligamentului încrucișat anterior	26
2.4. Diferențe de gen, vârstă și context sportiv	29
3. TRATAMENTUL, TENDINȚELE ACTUALE ȘI PREVENȚIA RUPTURILOR LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR	30
3.1. Principiile reconstrucției ligamentare	30
3.2. Evoluția tehnicilor artroscopice și tendințele actuale	36
3.3. Accesul la tratament	37
3.4. Prevenția leziunilor și direcții viitoare	38
CONTRIBUȚII PERSONALE	44
1. IPOTEZE DE LUCRU / SCOP / OBIECTIVE GENERALE	45
2. EPIDEMIOLOGIA RUPTURII ACUTE DE LIGAMENT ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR ÎN ROMÂNIA PE BAZA SPITALIZĂRILOR: ANALIZĂ LA NIVEL NAȚIONAL PE 7 ANI (2017–2023)/EXPERIMENT 1	47
2.1. Ipoteze/scop/obiective	47
2.2. Materiale și metode	49
2.3. Rezultate	54
2.4. Discuții	66
2.5. Concluzii	71
3. TENDINȚE NAȚIONALE ÎN CHIRURGIA ARTROSCOPICĂ A GENUNCHIULUI ȘI RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR ÎN ROMÂNIA, 2017–2023: PERSPECTIVE DINTR-O ANALIZĂ A SISTEMULUI DE SĂNĂTATE PE PARCURSUL A ȘAPTE ANI/EXPERIMENT 2	72
3.1. Ipoteze/scop/obiective	73
3.3. Materiale și metode	75
3.3. Rezultate	78

3.4. Discuții	94
3.5. Concluzii	101
4. ACCESUL REGIONAL LA RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR ÎN ROMÂNIA: O EVALUARE EPIDEMIOLOGICĂ NAȚIONALĂ (2017–2023)/Experiment 3	102
4.1. Ipoteze/scop/obiective	102
4.4. Materiale și metode	104
4.3. Rezultate	109
4.4. Discuții	126
4.5. Concluzii	133
DISCUȚII(GENERALE)	135
CONCLUZII GENERALE	140
BIBLIOGRAFIE	146
LISTA DE PUBLICAȚII	162
ANEXE	163

INTRODUCERE

Ruptura ligamentului încrucișat anterior (LIA) reprezintă una dintre cele mai frecvente și, totodată, una dintre cele mai complexe leziuni ale genunchiului, având implicații funcționale, sportive și socioeconomice considerabile. În România, deși chirurgia artroscopică a genunchiului și reconstrucția LIA sunt integrate în practica centrelor ortopedice specializate, lipsește în prezent un registru național de ligament, iar analizele populaționale sistematice sunt absente. Datele disponibile provin predominant din raportări administrative, fără o integrare epidemiologică riguroasă care să permită evaluarea distribuției reale a cazurilor, a dinamicii temporale a intervențiilor și a variațiilor regionale în accesul la reconstrucția ligamentului. Această lacună informațională limitează capacitatea de a aprecia în mod obiectiv gradul de implementare a opțiunilor moderne de tratament în sistemul sanitar românesc.

Scopul general al cercetării este de a caracteriza, pentru prima dată în România, epidemiologia spitalizărilor pentru ruptura acută de LIA și tendințele asociate chirurgiei artroscopice de genunchi, precum și de a analiza eventualele inegalități regionale și de sistem în accesul la reconstrucția ligamentară. Prin integrarea variabilelor demografice, temporale, geografice și socio-economice, teza urmărește să ofere o perspectivă coerentă și fundamentată asupra modului în care opțiunile moderne de tratament chirurgical sunt distribuite și utilizate în practica ortopedică contemporană din România.

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

CAPITOLUL 1. BAZELE ANATOMICE, BIOMECANICE ȘI FIZIOPATOLOGICE ALE RUPTURII LIA

Articulația genunchiului este cea mai mare articulație sinovială a corpului uman și are o structură complexă, fiind clasificată ca articulație de tip condilian (ginglim bicondilian). Din punct de vedere funcțional, poate fi împărțită în trei compartimente: femuro-tibial medial, femuro-tibial lateral și femuro-patelar [1]. Între condilii femurali și platourile tibiale, acoperite de cartilaj hialin, se interpun meniscurile medial și lateral, structuri fibrocartilaginoase cu rol în creșterea congruenței articulare și în disiparea forțelor de compresie.

LIA este localizat central în articulația genunchiului și se întinde oblic de la fața medială a condilului femural lateral către aria intercondiliană anterioară a platoului tibial. Ligamentul

este intra-articular, intra-capsular, dar extra-sinovial, fiind acoperit la exterior de membrana sinovială [2-4].

Ruptura LIA este una dintre cele mai frecvente leziuni la sportivii tineri și la persoanele active. Date epidemiologice din SUA și Suedia arată o creștere constantă a incidenței reconstrucției LIA în ultimele decenii, în concordanță cu creșterea participării la sporturi de pivotare [5, 6]. Clinic, pacienții cu ruptură de LIA descriu episoade de „cedare” a genunchiului în timpul mersului pe teren denivelat, la pivotare sau la sărituri. Aceste episoade reflectă pierderea controlului asupra translației anterioare și rotației interne a tibiei, cu alterarea cinematicii articulare [7,8].

Instabilitatea repetată produce microtraumatisme cumulative asupra meniscurilor și cartilajului articular. Studiile clinice sugerează o prevalență crescută a leziunilor meniscale, în special mediale, la pacienții cu rupturi cronice de LIA, meniscul medial preluând un rol stabilizator secundar în absența ligamentului [9]. Leziunile meniscale și condropatiile asociate sunt factori determinanți în evoluția către gonartroză posttraumatică.

Leziunea de LIA nu reprezintă doar o pierdere punctuală a stabilității ligamentare, ci declanșează un proces complex ce implică modificări biomecanice, neuromusculare și degenerative la nivelul genunchiului. Evaluarea corectă, reconstrucția anatomică și reabilitarea centrată pe recuperarea stabilității dinamice și a propriocepției sunt esențiale pentru limitarea complicațiilor pe termen lung, în special a gonartrozei posttraumatice

CAPITOLUL 2. EPIDEMIOLOGIA, MECANISMELE ȘI FACTORII DE RISC AI RUPTURII LIA

La nivel mondial, incidența leziunilor de ligament încrucișat anterior (LIA) a crescut semnificativ în ultimele decenii, unii autori descriind chiar o veritabilă „epidemie” în medicina sportivă. Această tendință se corelează cu popularizarea sporturilor ce implică pivotări, sărituri și schimbări bruște de direcție, practicate intens de populația tânără activă [10].

Studiile epidemiologice descriu un profil caracteristic al rupturilor LIA în funcție de vârstă și sex. Incidența maximă survine la tinerii cu vârste aproximativ între 15 și 30 de ani [11,12]. S-a constatat, de asemenea, o creștere îngrijorătoare a rupturilor LIA la copii și adolescenți, corelată cu implicarea tot mai precoce în sportul competițional de intensitate înaltă [12]. După 30 de ani incidența începe să scadă treptat, iar peste 50 de ani rupturile acute de LIA devin relativ rare.

Există variații geografice marcante în epidemiologia LIA, atât între diferite țări, cât și între regiuni din interiorul aceleiași țări. Registrele naționale din țările scandinave au evidențiat o creștere a cazurilor la tineri și în rândul femeilor, confirmând tendința globală. În Suedia, incidența rupturilor LIA raportată în 2023 a atins 80/100.000 la bărbații cu vârsta 20–29 de ani și 60/100.000 la femeile de 15–20 de ani [13], valori între cele mai ridicate din Europa. Pe de altă parte, în Europa de Est și în multe țări în curs de dezvoltare, datele epidemiologice asupra LIA sunt adesea inconsistente sau chiar lipsesc.

Un exemplu elocvent este România, unde nu există analize epidemiologice naționale publicate privind rupturile de LIA. Lipsa datelor locale îngreunează compararea situației cu alte țări și planificarea adecvată a resurselor sanitare. Această lacună de supraveghere subliniază nevoia implementării unor registre sau sisteme de raportare pentru accidentările sportive majore, astfel încât politicile de sănătate publică și strategiile de prevenție să fie fundamentate pe realitatea din teren.

Ruptura ligamentului încrucișat anterior are o etiologie complexă, determinată de interacțiunea unor factori intrinseci, specifici individului, și a unor factori extrinseci, legați de mediul de practicare a activității sportive și de caracteristicile acesteia. Înțelegerea acestor determinanți este esențială atât pentru stratificarea riscului în rândul populațiilor expuse, cât și pentru elaborarea programelor de prevenție țintită.

CAPITOLUL 3. TRATAMENTUL, TENDINȚELE ACTUALE ȘI PREVENȚIA RUPTURILOR LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR

Evoluția tehnicilor artroscopice a schimbat fundamental tratamentul rupturii LIA. Primele reconstrucții erau realizate prin abord deschis, cu vizualizare limitată și recuperare îndelungată. Introducerea artroscopiei și dezvoltarea instrumentarului dedicat au permis trecerea la intervenții minim invazive, cu incizii mici, evaluare completă a compartimentelor articulare și reabilitare accelerată [14].

Registrele naționale de ligament (ACL registries), dezvoltate în Suedia, Norvegia, Danemarca, Regatul Unit, Noua Zeelandă și ulterior în alte țări, au devenit instrumente esențiale în monitorizarea evoluției tratamentului LIA [13,15]. Ele furnizează date detaliate privind tipul de grefă utilizat, tehnici de fixare, rata de revizie, complicații și rezultatele funcționale, permițând analiza comparativă a diferitelor strategii terapeutice și identificarea timpurie a

eventualelor probleme (de exemplu, o rată neobișnuit de mare de eșec pentru un anumit tip de grefă sau tehnică).

În ultimele două decenii s-a observat:

- o creștere a utilizării grefei de cvadriceps, în detrimentul BTB și, în unele regiuni, a grefelor de ischiogambieri;
- o orientare spre reconstrucții anatomice, cu poziționare independentă a tunelului femural (transportală, outside-in);
- adoptarea selectivă a augmentărilor extraarticulare (tenodeză anterolaterală, reconstrucția ligamentului anterolateral la pacienți cu instabilitate rotatorie marcată, la sportivi de pivotare sau la cei cu factori de risc pentru reruptură;
- reevaluarea rolului reparării primare a LIA, în combinație cu tehnici de „internal bracing”.

Tratamentul rupturii LIA a evoluat către reconstrucții anatomice, artroscopice, cu rezultate bune în termeni de stabilitate și revenire la activitate, dar cu un risc rezidual de artroză pe termen lung. Tendințele actuale vizează optimizarea tehnică, reducerea disparităților de acces și, mai ales, implementarea sistematică a programelor de prevenție, cu scopul de a reduce povara acestor leziuni la nivel populațional [3,14,15].

CONTRIBUȚII PERSONALE

1. IPOTEZE DE LUCRU / SCOP / OBIECTIVE GENERALE

În absența unor analize epidemiologice naționale care să descrie în mod riguros ruptura ligamentului încrucișat anterior (LIA) și tratamentul său chirurgical în România, această teză a fost construită pornind atât de la observația clinică directă, cât și de la realitățile organizatorice ale sistemului sanitar.

Având în vedere aceste diferențe dintre experiența clinică acumulată în centrele ortopedice și absența unor date epidemiologice naționale integrate, cercetările efectuate în cadrul tezei au pornit de la ipoteza că modul de gestionare a rupturii LIA în România reflectă atât caracteristicile epidemiologice proprii acestei patologii, cât și influența determinantă a factorilor structurali ai sistemului sanitar, generând variații temporale și teritoriale semnificative în accesul la chirurgia artroscopică modernă.

Scopul general al tezei a fost acela de a caracteriza, pentru prima dată la nivel național, epidemiologia spitalizărilor pentru ruptura ligamentului încrucișat anterior și de a analiza modul în care chirurgia artroscopică reconstructivă este utilizată și accesată în România.

Pentru atingerea acestui scop, au fost stabilite următoarele obiective generale:

1. Determinarea incidenței și descrierea distribuției demografice și teritoriale a spitalizărilor pentru ruptura acută de LIA, în funcție de sex, grupă de vârstă, an calendaristic și unitate teritorială, în vederea conturării profilului epidemiologic național.
2. Analiza tendințelor temporale ale chirurgiei artroscopice de genunchi asociate patologiei LIA, cu accent pe reconstrucțiile ligamentare și procedurile meniscale concomitente, pentru a evalua evoluția volumului intervențiilor, impactul pandemiei COVID-19 asupra activității chirurgicale electivă și dinamica reluării acesteia.
3. Evaluarea gradului de centralizare și a inegalităților regionale în accesul la reconstrucția LIA, prin analiza distribuției intervențiilor între centrele cu volum diferit de activitate și prin corelarea incidenței procedurilor cu factori structurali ai sistemului sanitar.

2. EPIDEMIOLOGIA RUPTURII ACUTE DE LIGAMENT ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR ÎN ROMÂNIA PE BAZA SPITALIZĂRILOR: ANALIZĂ LA NIVEL NAȚIONAL PE 7 ANI (2017–2023)/EXPERIMENT 1

Ipoteze/scop/obiective

Acest studiu își propune să ofere o privire de ansamblu la nivel național asupra spitalizărilor pentru ruptură acută de LIA în România, pe o perioadă de șapte ani (2017–2023), folosind date de externare spitalicească. Analiza urmărește descrierea modelelor de incidență stratificate pe sex, vârstă și regiune, cu scopul de a identifica principalele tendințe demografice și geografice. Această abordare reprezintă prima evaluare la nivel de populație a incidenței rupturilor LIA bazate pe spitalizare în România. Disparitățile regionale și demografice identificate pot reflecta atât diferențe reale în modele de accidentare, cât și particularități structurale privind accesul la îngrijire ortopedică și infrastructură diagnostică. Rezultatele pot constitui un punct de plecare pentru îmbunătățirea supravegherii epidemiologice și pentru definirea unor strategii de prevenție adaptate contextului național.

Materiale si metode

Această cercetare a fost concepută ca un studiu retrospectiv, descriptiv, bazat pe analiza datelor din Registrul Național de Spitalizare (sistem DRG), care acoperă toate internările continue raportate de unitățile sanitare publice și private din România. Intervalul de studiu a fost cuprins între ianuarie 2017 și decembrie 2023, permițând evaluarea distribuției demografice, geografice și a tendințelor temporale ale patologiei genunchiului tratate în regim de spitalizare .

Într-o primă etapă, pentru a oferi un cadru clinic și epidemiologic complet, au fost identificate toate externările care aveau înregistrat cel puțin unul dintre codurile ICD-10 considerate relevante pentru spectrul instabilității articulare a genunchiului și al patologiei asociate. Analiza principală a inclus externările care conțineau codul diagnostic S83.53 (ruptura ligamentului încrucișat anterior), înregistrat fie ca diagnostic principal, fie ca diagnostic secundar.

Datele de spitalizare au fost furnizate de Institutul Național de Sănătate Publică (INSP, nr. 20606/05.12.2024), care centralizează statisticile provenite din toate unitățile sanitare publice și private. Datasetul a fost furnizat în format agregat, anonim, fără identificatori personali, respectând prevederile etice ale Declarației de la Helsinki și cerințele privind protecția datelor cu caracter personal (GDPR, UE 2016/679).

Pentru calculul ratelor de incidență au fost utilizate datele de populație furnizate de Recensământul Populației și Locuințelor 2021, publicat de Institutul Național de Statistică.

Rezultate

În perioada 2017–2023, la nivel național, au fost raportate 26.189 de cazuri de spitalizare asociate cu diagnostice de leziuni ale ligamentelor, ale meniscurilor sau alte patologii conexe ale genunchiului. Raportat la populația României conform recensământului din 2021, acest volum corespunde unei incidențe cumulative de aproximativ 136,5 cazuri la 100.000 de locuitori, respectiv unei rate medii anuale de 19,5 cazuri/100.000/an.

În perioada analizată au fost înregistrate la nivel național în România un total de 4.332 de spitalizări pentru ruptura LIA, definite prin codul ICD-10 S83.53 [18]. Raportat la populația totală a României conform recensământului din 2021 (19.053.815 locuitori), aceasta corespunde unei incidențe cumulative de 22,7 la 100.000 de locuitori și unei incidențe medii anuale de 3,23 la 100.000 de locuitori.

Rupturile de LIA au fost observate predominant la pacienții de sex masculin, cu 3.130 de cazuri (72,3%), comparativ cu 1.202 cazuri (27,7%) la pacienții de sex feminin, rezultând un

raport mediu bărbați/femei (B/F) de 2,6. Această diferență de gen s-a menținut constant pe întreaga perioadă de observație.

Analiza tendințelor anuale evidențiază o creștere progresivă a spitalizărilor asociate rupturii de LIA între 2017 și 2019, cu un vârf în anul 2019 (681 cazuri). Ulterior, în anul 2020 s-a observat o scădere abruptă (420 cazuri), probabil determinată de restricțiile impuse în contextul pandemiei de COVID-19 asupra activității medicale electivă. Tendința a fost reluată după anul 2021, anul 2023 înregistrând cel mai mare număr de cazuri din întreaga perioadă analizată (727 cazuri).

Analiza incidenței rupturii LIA în funcție de vârstă evidențiază o concentrare semnificativă a cazurilor în rândul populației tinere. Cele mai multe cazuri au fost înregistrate în grupele de vârstă 20-24 și 25-29 de ani, care împreună au reprezentat 29,8% din totalul rupturilor de LIA. Extinderea intervalului pentru a include persoanele cu vârste între 20 și 34 de ani crește proporția cumulativă la 46,1% din totalul cazurilor.

Aceste tendințe sunt ilustrate în figura 1, care prezintă incidența specifică vârstei a rupturii de LIA, stratificată pe sexe. Creșterea abruptă a incidenței de la femei la bărbați este cea mai evidentă în intervalul 20-34 de ani. În grupele de vârstă mai înaintată, diferența între sexe se atenuează și se inversează în unele categorii, sugerând o tranziție de la etologii predominant traumatică către mecanisme posibil degenerative.

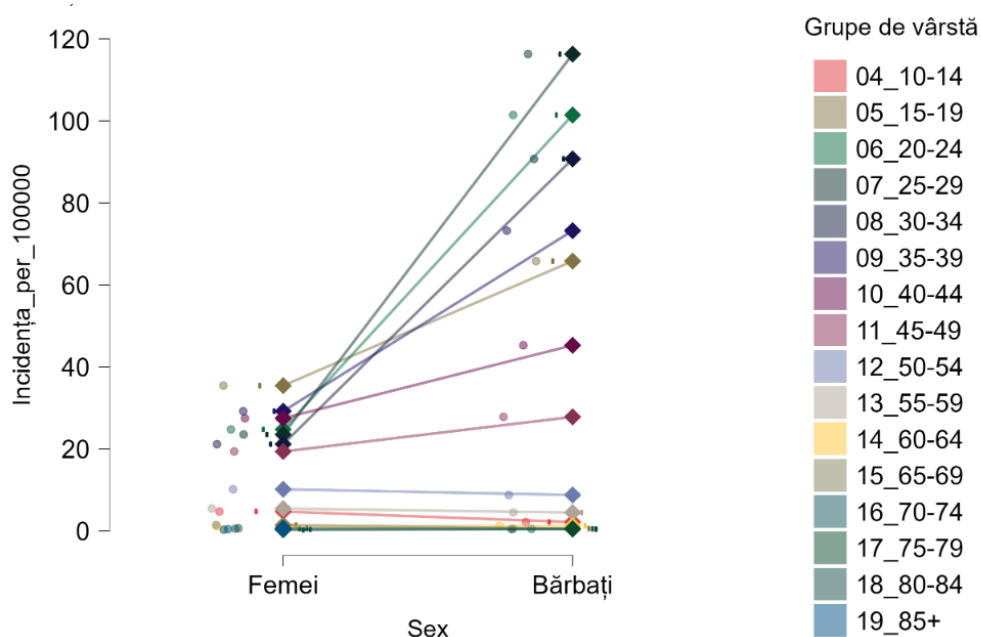


Figura 1. Incidența rupturii ligamentului încrucișat anterior în funcție de vârstă și sex.

Valorile sunt exprimate ca număr de cazuri la 100.000 de locuitori.

Analiza detaliată a tendințelor temporale a arătat că, în fiecare an analizat, cele mai ridicate rate de incidență ale rupturii de LIA au fost constant înregistrate în grupa de vârstă 25–29 de ani, urmate îndeaproape de grupele 20–24 și 30–34 de ani. Această distribuție în funcție de vârstă a rămas stabilă pe întreaga perioadă de observație, cu doar variații minore de la un an la altul.

Distribuția spațială a spitalizărilor pentru ruptura LIA la nivelul județelor din România, în perioada 2017–2023, a evidențiat o variabilitate regională marcată. Cea mai mare incidență cumulativă a fost observată în București (122,08/100.000), urmat de Timiș (68,87), Bihor (66,75) și Mureș (48,25), județe caracterizate printr-un acces mai bun la servicii ortopedice specializate. În contrast, mai multe județe, inclusiv Brăila, Giurgiu și Călărași, au raportat fie absența cazurilor, fie rate de incidență sub 1/100.000, sugerând posibilă subdiagnosticare sau acces limitat la servicii de diagnostic și tratament chirurgical (figura 2).

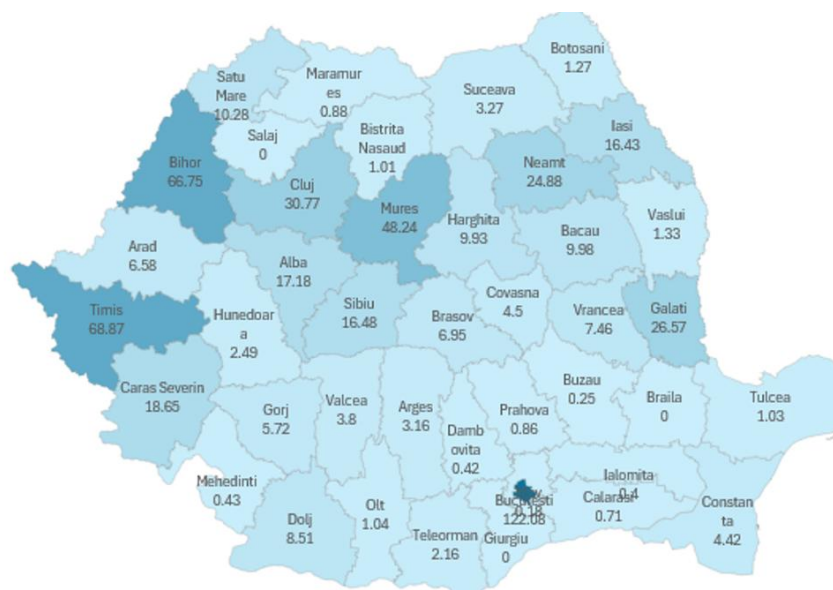


Figura 2. Distribuția geografică a incidenței cumulative a spitalizărilor pentru ruptura de ligament încrucișat anterior în România, pe județe .

Concluzii

Acest studiu oferă o imagine națională cuprinzătoare asupra spitalizărilor pentru ruptura de ligament încrucișat anterior (LIA) în România, bazată pe șapte ani de date standardizate raportate de toate spitalele publice și private. Prin focalizarea pe cazurile internate codificate cu S83.53, analiza surprinde un subset bine definit de leziuni acute de LIA care, în majoritatea situațiilor, necesită evaluare și tratament chirurgical. Deși nu include cazurile tratate ambulator

sau formele cronice, studiul relevă tipare consistente în funcție de vârstă, sex și distribuție geografică.

Majoritatea spitalizărilor au fost înregistrate la bărbați tineri, activi, cu vârste cuprinse între 20 și 34 de ani, în timp ce diferențele regionale observate indică inegalități semnificative în accesul la servicii ortopedice, în special la imagistică avansată și intervenții chirurgicale specializate. Aceste rezultate evidențiază nu doar particularități epidemiologice, ci și limitări structurale ale sistemului de sănătate.

2. TENDINȚE NAȚIONALE ÎN CHIRURGIA ARTROSCOPICĂ A GENUNCHIULUI ȘI RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR (LIA) ÎN ROMÂNIA, 2017–2023: PERSPECTIVE DINTR-O ANALIZĂ A SISTEMULUI DE SĂNĂTATE PE PARCURSUL A ȘAPTE ANI/EXPERIMENT 2

Ipoteze/scop/obiective

Obiectivul principal al acestui studiu a fost de a analiza tendințele chirurgicale în managementul rupturilor de LIA în România. Studiul utilizează date la nivel național din perioada 2017–2023 privind procedurile artroscopice relevante ale genunchiului, incluzând reconstrucțiile de LIA, menisectomiile și sinovectomiile, stratificate în funcție de an, sex, grupă de vârstă, regiune geografică și tip de unitate medicală (publică versus privată) [121]. Rezultatele sunt interpretate în contextul literaturii internaționale, cu scopul de a identifica similitudini și discrepanțe, precum și de a evalua impactul pandemiei de COVID-19 și al altor factori sistemici asupra evoluției acestor tendințe chirurgicale.

Materiale și metode

A fost realizat un studiu observațional descriptiv de tip transversal, bazat pe analiza secundară a datelor administrative spitalicești la nivel național. Sursa de date a fost reprezentată de baza de date a Casei Naționale de Asigurări de Sănătate (CNAS), care centralizează raportările tuturor spitalelor din România (publice și private) aflate în relație contractuală cu sistemul național de asigurări de sănătate, conform Ordinului Ministerului Sănătății nr. 1782/2006.

Din această bază de date au fost extrase toate înregistrările aferente perioadei 2017–2023 care corespund procedurilor artroscopice ale genunchiului asociate managementului leziunilor LIA. Identificarea procedurilor s-a realizat utilizând Clasificarea Nordică a Procedurilor Chirurgicale (Nordic Classification of Surgical Procedures – NCSP), conform codurilor prezentate în tabelul I.

Tabel I. Proceduri artroscopice ale genunchiului incluse în studiu

Cod NCSP	Procedură	Descriere
013401	Excizie artroscopică a marginii meniscale sau a plicii sinoviale	Meniscectomie parțială limitată sau rezecția plicii suprapatelare; utilizată frecvent pentru rupturi meniscale localizate
013404	Meniscectomie artroscopică	Meniscectomie subtotală sau totală realizată artroscopic
013405	Sinovectomie artroscopică	Rezecția sinoviului hipertrofic sau inflammat în sinovite cronice sau proliferative
015301	Reconstrucție artroscopică a genunchiului, nespecificată	Cod generic pentru reconstrucții ligamentare nespecificate (ex. ligament încrucișat posterior, reconstrucții multiligamentare)
015303	Reconstrucție artroscopică a ligamentului încrucișat anterior cu sutură meniscală	Cod specific pentru reconstrucția primară a LIA, de regulă asociată cu repararea meniscului

Rezultate

Pe parcursul perioadei de studiu (2017–2023), în România au fost înregistrate un total de 76.804 proceduri artroscopice ale genunchiului. Dintre acestea, meniscectomiile artroscopice (013404) au reprezentat cea mai frecventă intervenție, cu 29.979 cazuri (47,5%). Reconstrucțiile artroscopice ale genunchiului (coduri 015301 și 015303 cumulate) au însumat 26.888 cazuri (42,6%), în timp ce sinovectomiile artroscopice (013405) au totalizat 15.501 cazuri (24,5%). Procedurile cel mai puțin frecvente au fost exciziile artroscopice ale leziunilor meniscale marginale sau ale plicii sinoviale (013401), cu 4.436 cazuri (7,0%).

Reconstrucțiile artroscopice de ligament încrucișat anterior (015303) au prezentat un profil temporal distinct. Numărul anual de cazuri a crescut de la 1.560 (7,94/100.000) în 2017

la 1.828 (9,42/100.000) în 2019, urmat de o scădere abruptă în anul 2020, până la 1.028 cazuri (5,32/100.000), în contextul suspendării la nivel național a intervențiilor chirurgicale electiv. O reluare a activității a fost observată în 2021 (1.286 cazuri; 6,70/100.000), urmată de un vârf în 2022 (1.905 cazuri; 10,00/100.000), valoare care a depășit ușor nivelurile pre-pandemice. În anul 2023, incidența a rămas ridicată (1.865 cazuri; 9,79/100.000).

Reconstrucțiile artroscopice ale ligamentului încrucișat anterior (O15303) au prezentat o predominanță masculină marcată, cu 8.226 cazuri la bărbați (12,46/100.000) comparativ cu 2.854 cazuri la femei (4,12/100.000), corespunzând unui raport bărbați:femei de aproximativ 3:1. Pe întreaga perioadă analizată, bărbații au reprezentat majoritatea pacienților supuși reconstrucției de LIA, ponderea acestora variind între 72% și 76% anual.

Figura 3 ilustrează incidența cumulativă specifică vârstei (per 100.000 locuitori) pentru fiecare tip de procedură artroscopică pe întreaga perioadă 2017–2023. Se evidențiază profiluri de vârstă distincte: menisectomia artroscopică (O13404) atinge un maxim la adulții de vârstă mijlocie (50–54 ani), sinovectomia artroscopică (O13405) prezintă o distribuție largă pe parcursul vieții adulte, iar reconstrucția ligamentului încrucișat anterior (O15303) predomină net în rândul adulților tineri.

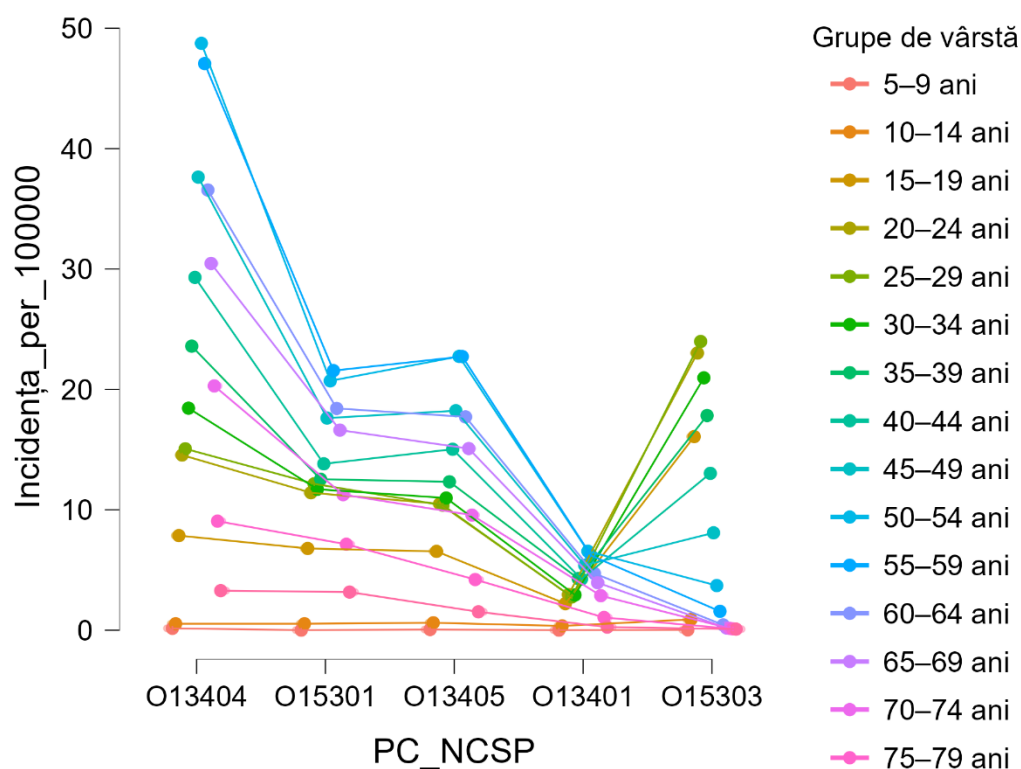


Figura 3. Incidența cumulativă specifică vârstei (per 100.000 locuitori) a procedurilor artroscopice ale genunchiului.

Distribuția geografică a reconstrucțiilor de ligament încrucișat anterior (O15303) a fost accentuat centralizată comparativ cu totalitatea procedurilor artroscopice ale genunchiului. Municipiul București a concentrat singur 4.479 reconstrucții (260,9/100.000), reprezentând aproximativ 40% din totalul cazurilor naționale, fiind urmat de județele Cluj (1.475; 217,2/100.000), Iași (1.296; 170,4/100.000), Timiș (845; 129,9/100.000) și Brașov (654; 119,7/100.000). Împreună, aceste cinci județe au realizat peste două treimi din totalul reconstrucțiilor de LIA efectuate la nivel național.

În opoziție, numeroase regiuni periferice au raportat volume chirurgicale foarte reduse, multe județe înregistrând, în medie, mai puțin de 15 reconstrucții anual. Acest model, ilustrat în figura 4, subliniază dominanța câtorva centre universitare în detrimentul unei distribuții teritoriale echilibrate a serviciilor chirurgicale avansate.

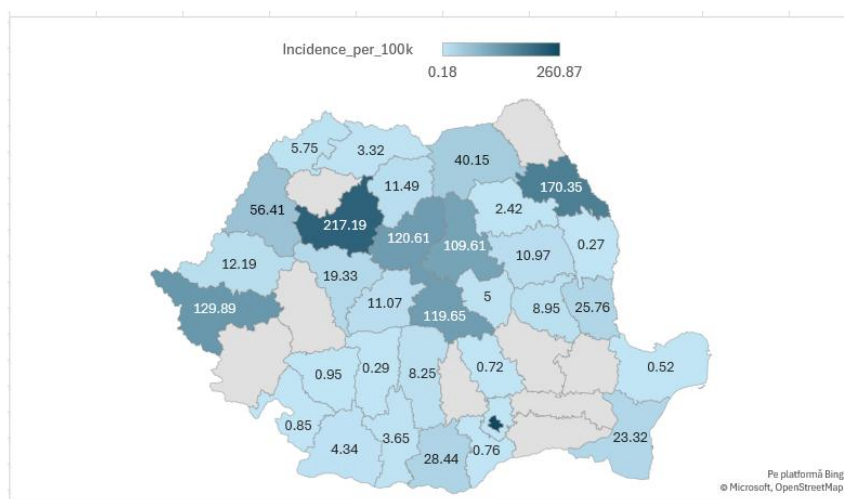


Figura 4. Distribuția geografică a reconstrucțiilor de ligament încrucișat anterior

Majoritatea procedurilor artroscopice ale genunchiului efectuate în România în perioada 2017–2023 au fost realizate în unități spitalicești publice, care au concentrat aproximativ 90% din volumul total de cazuri. Sectorul privat a contribuit cu aproximativ 11% din totalul intervențiilor, însă ponderea acestuia a variat considerabil în funcție de tipul procedurii.

După anul 2020, s-a observat o creștere relativă a contribuției sectorului privat, în special în cazul reconstrucțiilor ligamentelor. Această evoluție este concordantă atât cu extinderea rețelei de centre ortopedice private, cât și cu impactul pandemiei de COVID-19 asupra capacității sectorului public de a efectua intervenții electiv. Distribuția procedurilor între spitalele publice și private este ilustrată în figura 5, care evidențiază faptul că, deși sectorul public domină constant toate categoriile de intervenții, sectorul privat deține o pondere

disproporționat mai mare în reconstrucțiile ligamentare comparativ cu procedurile meniscale sau sinoviale.

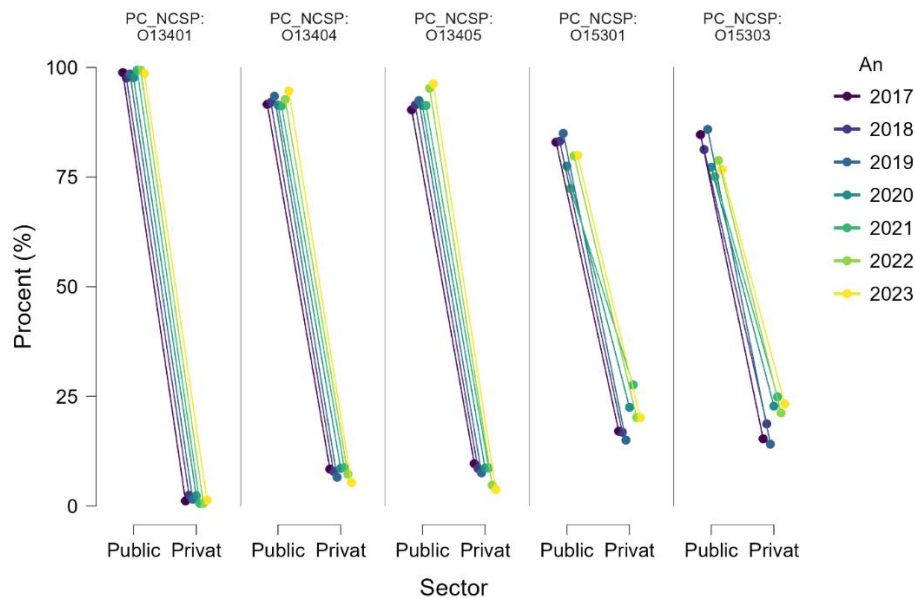


Figura 5. Distribuția procedurilor artroscopice ale genunchiului între spitale publice și private în România, 2017-2023.

Concluzii

Acest studiu național oferă prima evaluare comprehensivă a chirurgiei artroscopice a genunchiului în România și descrie evoluția practicii clinice într-o perioadă marcată de schimbări sistемice majore. Analiza evidențiază o creștere susținută a reconstrucțiilor de ligament încrucișat anterior în perioada pre-pandemică, un declin tranzitoriu asociat pandemiei COVID-19 și o recuperare completă ulterior, cu depășirea nivelurilor anterioare, sugerând o reluare accelerată a cererii pentru intervenții artroscopice electivе.

Persistența disparităților regionale și demografice reflectă însă o distribuție inegală a expertizei chirurgicale și a accesului la servicii artroscopice avansate.

4. ACCESUL REGIONAL LA RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR ÎN ROMÂNIA: O EVALUARE EPIDEMIOLOGICĂ NAȚIONALĂ (2017-2023)/Experiment 3 Ipoteze/scop/obiective

Acest studiu investighează determinanții structurali și socioeconomiци ai reconstrucției de LIA, oferind prima analiză națională stratificată regional a activității chirurgicale și a

inegalităților de acces în România. Prin corelarea datelor administrative cu indicatori ai forței de muncă și ai contextului economic, această cercetare își propune să clarifice modul în care factorii sistemici influențează accesul la chirurgia reconstructivă a genunchiului [164]. Înțelegerea acestor mecanisme este esențială pentru promovarea unei furnizări echitabile a serviciilor de sănătate, optimizarea alocării resurselor chirurgicale și susținerea deciziilor de politică sanitară bazate pe dovezi, cu scopul de a îmbunătăți rezultatele musculo-scheletale la nivel național.

Materiale și metode

A fost realizat un studiu retrospectiv, observațional, de tip transversal, bazat pe analiza secundară a datelor administrative naționale privind toate reconstrucțiile ligamentului încrucișat anterior (LIA) efectuate în România în perioada 1 ianuarie 2017 – 31 decembrie 2023.

Din baza de date națională a procedurilor chirurgicale au fost extrase toate intervențiile codificate O15303, care corespund reconstrucției artroscopice a ligamentului încrucișat anterior conform Clasificării Nordice a Procedurilor Chirurgicale (NCSP).

Accesul atât la baza de date privind procedurile chirurgicale, cât și la datele referitoare la forța de muncă ortopedică la nivel județean a fost acordat de Institutul Național de Sănătate Publică (INSP), în baza autorizațiilor oficiale nr. 20606/5 decembrie 2024 și nr. 21269/21 noiembrie 2025, care permit utilizarea în scop de cercetare a înregistrărilor administrative anonimizate.

Analizele spațiale au fost efectuate utilizând cele opt regiuni de dezvoltare ale României, definite conform Nomenclatorului Unităților Teritoriale pentru Statistică (NUTS-2), care reprezintă cadrul teritorial standard pentru comparații în domeniul sănătății și socioeconomiei. Figura 6 prezintă o hartă schematică a acestor regiuni și a județelor componente, oferind context geografic pentru interpretarea variațiilor regionale în incidență, disponibilitatea forței de muncă și indicatorii structurali.

Rezultatul primar a fost incidența reconstrucției ligamentului încrucișat anterior (ACLR) la 100.000 de locuitori, calculată la nivel regional NUTS-2. Incidența a fost determinată utilizând formula epidemiologică standard, în care numărul anual de reconstrucții de LIA efectuate într-o anumită regiune a fost împărțit la populația regională aferentă anului 2021, conform recensământului, și înmulțit cu 100.000.

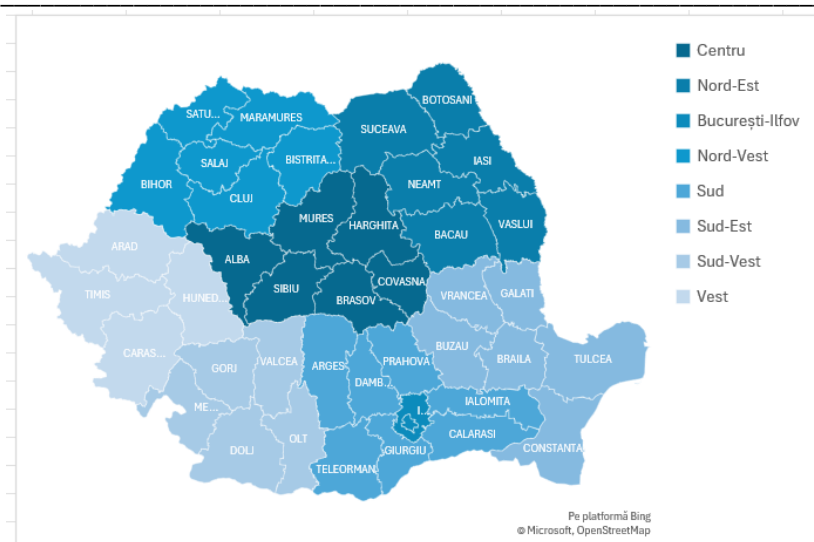


Figura 6. Harta României care ilustrează cele opt regiuni de dezvoltare (NUTS-2)

Rezultatele secundare au inclus proporția reconstrucțiilor de LIA efectuate în sectorul privat, raportul bărbați/femei, densitatea regională a chirurgilor (număr de medici ortopezi la 100.000 de locuitori) și disponibilitatea spitalelor (numărul de spitale care efectuează reconstrucții de LIA la 100.000 de locuitori). Volumul anual de activitate a fost evaluat suplimentar prin calcularea numărului de reconstrucții de LIA efectuate în fiecare regiune raportat la numărul de medici ortopezi activi. Aceste măsuri au fost utilizate pentru a caracteriza diferențele regionale în capacitatea de furnizare a serviciilor, resursele structurale și potențialii determinanți ai inegalităților în accesul la reconstrucția de LIA.

Rezultate

În perioada 2017–2023, au fost înregistrate la nivel național un total de 11.080 reconstrucții ale ligamentului încrucișat anterior (LIA). În concordanță cu epidemiologia cunoscută, procedurile au fost efectuate predominant la bărbați, cu un raport bărbați/femei stabil, de aproximativ 2–3:1 în toate regiunile, fără a se observa un tipar geografic distinct. A fost evidențiată o eterogenitate regională marcată a ratelor brute de incidență (per 100.000 locuitori). Regiunea București-Ilfov a prezentat de departe cele mai ridicate valori, cu o mediană de 40,0/100.000, depășind toate celelalte regiuni NUTS-2 pe întreaga perioadă de studiu. Niveluri intermediare au fost observate în regiunile Centru, Vest și Nord-Vest, în timp ce regiunile Sud, Sud-Est și în special Sud-Vest au înregistrat constant cele mai scăzute valori ale incidenței.

Figura 7 ilustrează traiectoriile anuale ale incidenței, evidențiind o distribuție geografică extrem de asimetrică, care a rămas stabilă în timp, în ciuda variațiilor moderate de la un an la

altul. Regiunea București-Ilfov domină constant profilul național, în timp ce toate regiunile sudice se grupează la niveluri scăzute pe întreaga perioadă de șapte ani.

Variabilitate regională substanțială a fost observată și în ceea ce privește distribuția public-privat a reconstrucțiilor de LIA. Regiunea București-Ilfov a avut cea mai mică pondere a sectorului privat (mediană 3,3%), majoritatea cazurilor fiind efectuate în spitale publice, în ciuda volumului chirurgical ridicat al regiunii. În contrast, regiunile Centru, Nord-Vest, Sud-Est și Vest au prezentat o implicare substanțială a sectorului privat, care a depășit ocazional 80–100% în anumiți ani. Regiunea Sud-Vest nu a înregistrat nicio reconstrucție LIA în sectorul privat pe întreaga perioadă de studiu.

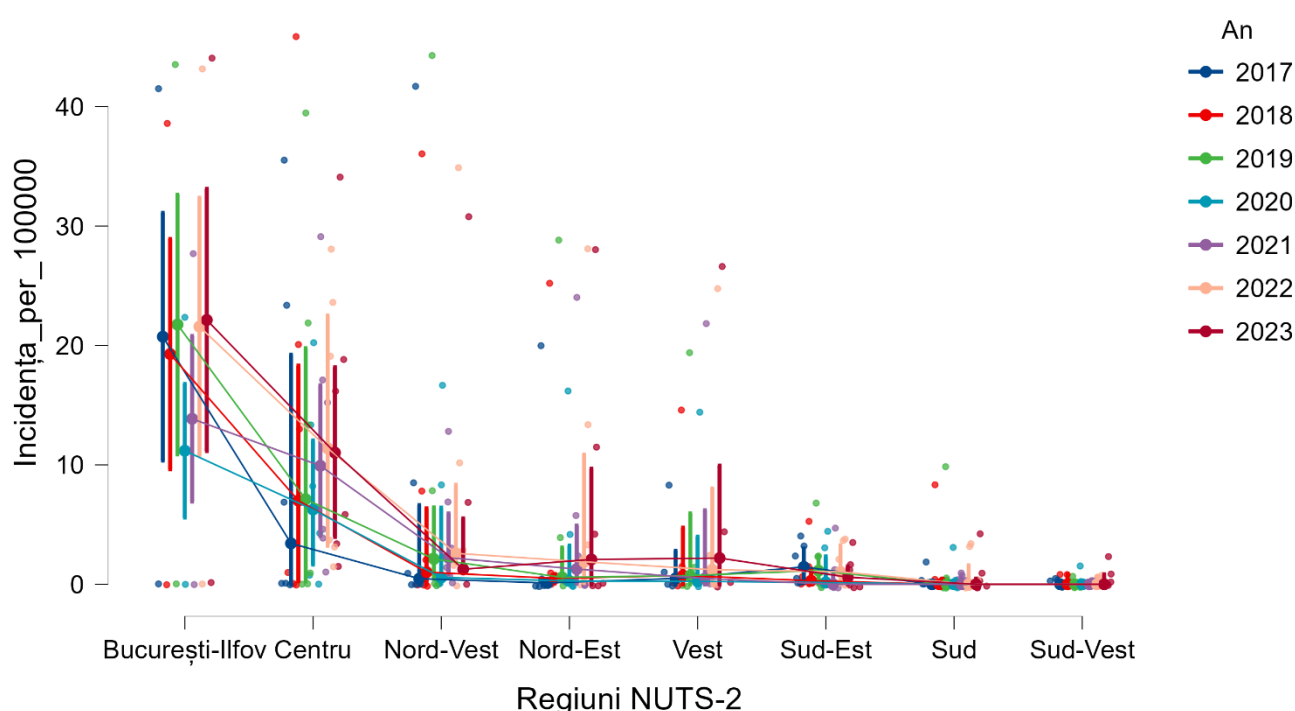


Figura 7. Incidența anuală a reconstrucției LIA în regiunile NUTS-2 din România.

Variabilitate regională substanțială a fost observată și în ceea ce privește distribuția public-privat a reconstrucțiilor de LIA. Regiunea București-Ilfov a avut cea mai mică pondere a sectorului privat (mediană 3,3%), majoritatea cazurilor fiind efectuate în spitale publice, în ciuda volumului chirurgical ridicat al regiunii. În contrast, regiunile Centru, Nord-Vest, Sud-Est și Vest au prezentat o implicare substanțială a sectorului privat, care a depășit ocazional 80–100% în anumiți ani. Regiunea Sud-Vest nu a înregistrat nicio reconstrucție LIA în sectorul privat pe întreaga perioadă de studiu.

Modelele temporale au evidențiat o creștere modestă post-pandemică a utilizării sectorului privat (2021–2023), în special în regiunile Centru, Nord-Vest și Sud-Est. Această tendință a fost absentă în regiunile Sud și Sud-Vest, care au rămas aproape complet dependente de sistemul public. Figura 8 ilustrează aceste tendințe pentru cele trei perioade agregate, demonstrând menținerea unui gradient geografic stabil în implicarea sectorului privat și o extindere parțială post-pandemică a capacității chirurgicale private.

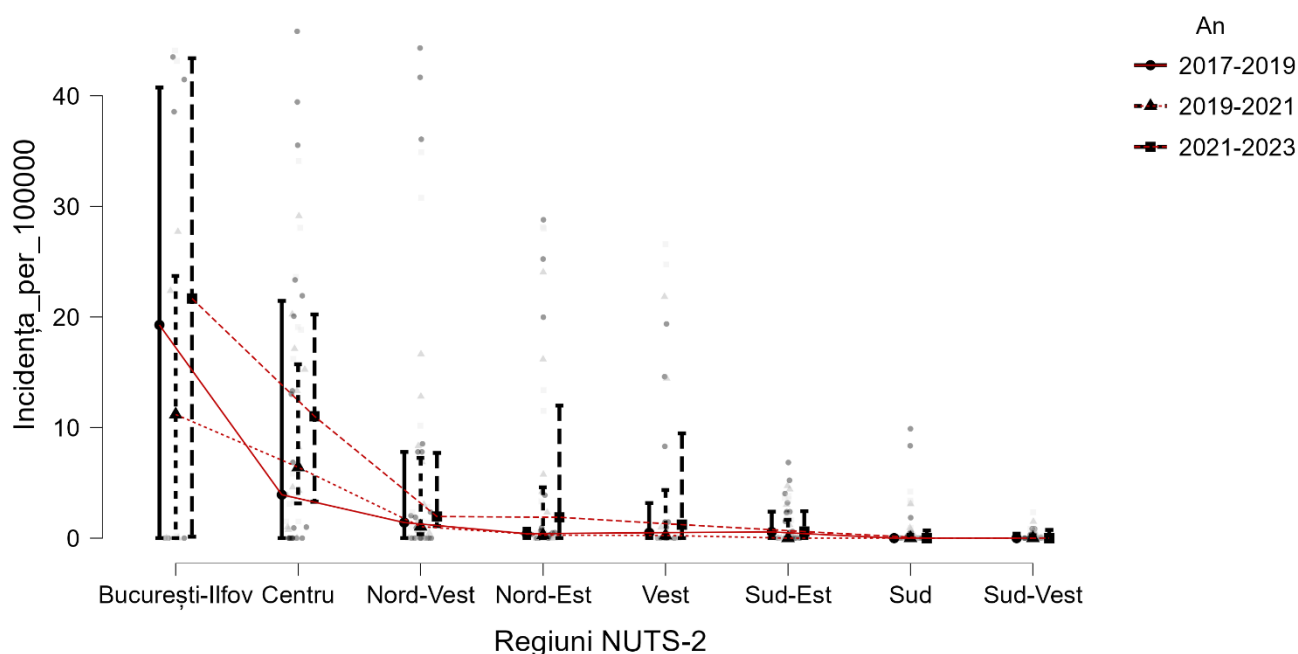


Figura 8. Proportia reconstrucțiilor de LIA efectuate în spitale private în regiunile NUTS-2, grupate pe trei perioade.

Un nivel mai ridicat de dezvoltare economică a fost asociat în mod constant cu o densitate mai mare a forței de muncă ortopedice și cu o activitate chirurgicală mai intensă. Regiunile cu PIB pe cap de locuitor crescut au înregistrat un număr mai mare de chirurghi la 100.000 locuitori și o infrastructură spitalicească mai dezvoltată, în timp ce regiunile cu PIB scăzut au prezentat o distribuție rară a forței de muncă și o capacitate chirurgicală limitată. Regiunea București-Ilfov a avut aproape dublul densității de chirurghi față de majoritatea celorlalte regiuni și de peste patru ori mai multe cazuri de reconstrucție LIA per chirurg comparativ cu regiunile cu cele mai scăzute performanțe.

Harta de corelație (figura 9) ilustrează aceste corelații structurale. PIB-ul pe cap de locuitor a demonstrat corelații moderate cu densitatea chirurgilor ($r = 0,596$, $p < 0,001$), disponibilitatea spitalelor ($r = 0,354$, $p < 0,001$) și incidența reconstrucției LIA ($r = 0,360$, $p < 0,001$). Asocieri puternice au fost observate în interiorul sistemului de sănătate: numărul de chirurghi la 100.000 locuitori s-a corelat puternic cu numărul de spitale la 100.000 locuitori ($r =$

0,657, $p < 0,001$) și cu volumul de muncă la nivel de chirurg (cazuri per chirurg; $r = 0,595$, $p < 0,001$), în timp ce densitatea spitalelor a fost strâns asociată cu numărul de cazuri per chirurg ($r = 0,917$, $p < 0,001$).

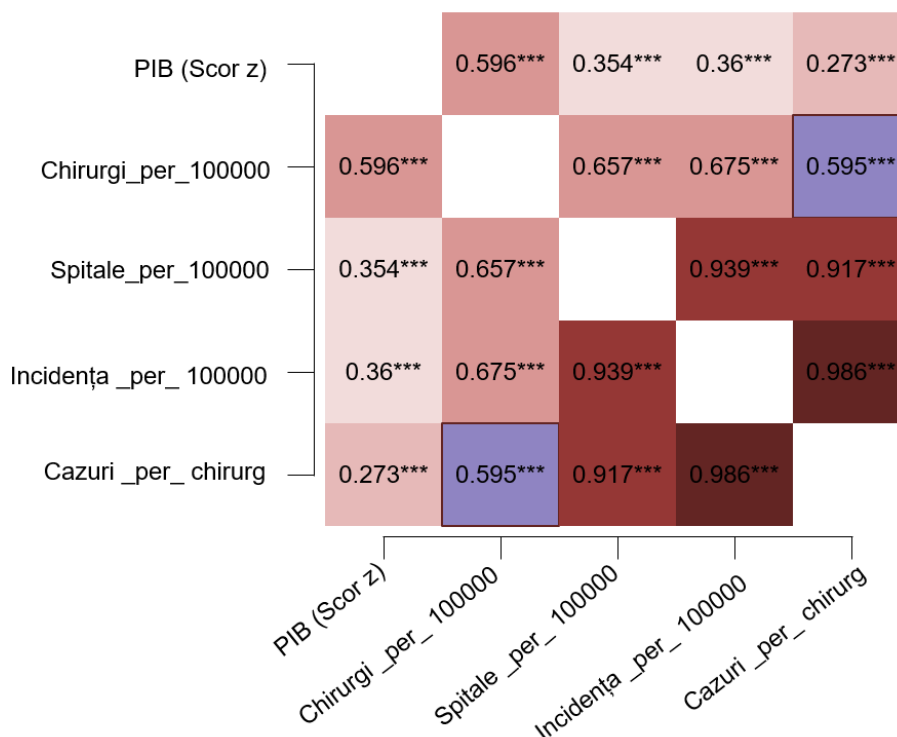


Figura 9. Matricea de corelație între indicatorii socioeconomi regionali, capacitatea sistemului de sănătate și utilizarea reconstrucției LIA.

Coeficientul Gini la nivel național a variat de la 0,842 în 2017 la 0,752 în 2022, indicând o concentrare teritorială extremă și persistentă a activității chirurgicale. Deși după vârful pandemic s-a observat o scădere modestă, valorile au rămas mult peste pragul convențional pentru dezechilibru sever ($Gini > 0,5$), confirmând existența unor disparități structurale durabile (figura 10).

Raportul de incidență P90/P10 a evidențiat suplimentar amploarea inegalităților, atingând valori cuprinse între 109 și 1010 pe parcursul tuturor anilor analizați. Acest fapt reflectă situația în care județele din decila inferioară au înregistrat o activitate LIA aproape nulă, în timp ce județele din decila superioară au concentrat aproape întregul volum chirurgical național. O asemenea divergență este compatibilă cu un acces extrem de polarizat la îngrijiri ortopedice specializate.

Inegalitatea a fost pronunțată și în interiorul regiunilor de dezvoltare (NUTS-2). Coeficienții Gini interni au variat de la 0,555 în București-Ilfov până la 0,867 în regiunea Sud,

iar regiunile Nord-Est, Sud-Vest, Vest și Nord-Vest au depășit toate pragul de 0,73. Valorile Gini intraregionale ajustate au rămas ridicate în regiunea Sud chiar și după simulare (0,740–0,747), confirmând o polarizare persistentă în această zonă subfinanțată.

Astfel, disparitățile nu sunt doar inter-regionale, ci sunt profund înrădăcinate și în interiorul regiunilor, indicând o concentrare puternică a capacității chirurgicale într-un număr restrâns de județe, chiar și în cadrul aceleiași regiuni NUTS-2.

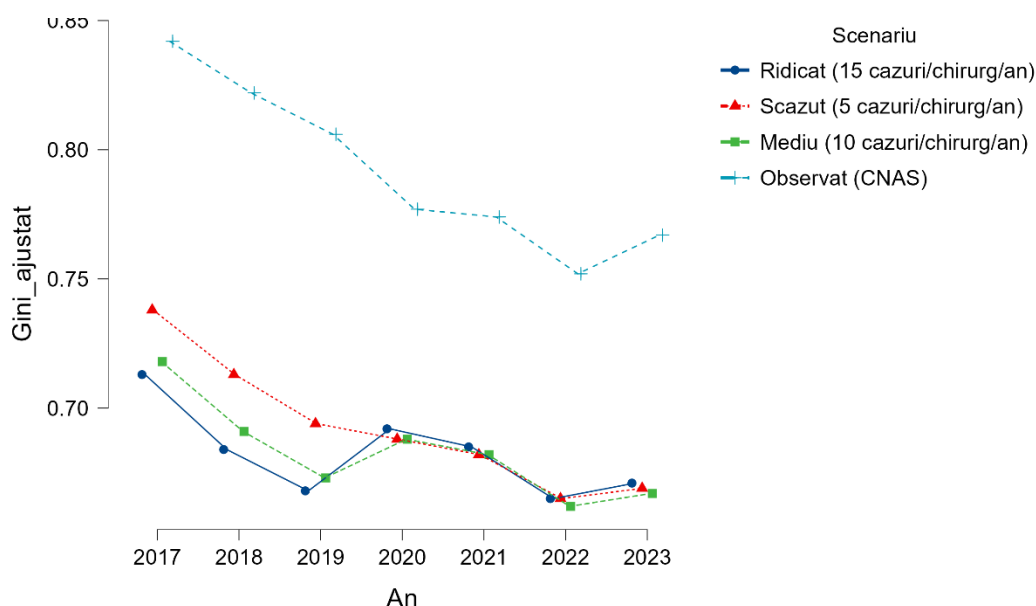


Figura 10. Coeficientul Gini anual pentru incidența reconstrucției LIA la nivel de județ, în condiții observate și în scenariile simulate ale sectorului privat (2017–2023).

CONCLUZII

Această analiză națională evidențiază existența unor disparități teritoriale substanțiale și persistente în accesul la reconstrucția ligamentului încrucișat anterior (ACLR) în România. Ratele procedurale au variat considerabil între regiuni, cu o concentrare pronunțată a activității în zona București–Ilfov și cu o disponibilitate minimă în mai multe regiuni din sudul țării. Acest tipar reflectă nu doar diferențe de utilizare, ci o distribuție profund inegală a capacității de furnizare a îngrijirilor chirurgicale specializate.

Diferențele regionale observate au fost strâns corelate cu nivelul de dezvoltare economică, distribuția forței de muncă ortopedice și prezența inegală a infrastructurii chirurgicale publice și private. Întrucât spitalele și, implicit, serviciile de ACLR sunt localizate exclusiv în mediul urban, accesul populației din zonele rurale și din regiunile dezavantajate

economic este sever limitat, fiind condiționat de distanță, capacitate financiară și disponibilitatea resurselor locale.

Modelele multivariate au confirmat caracterul structural al acestor inechități, demonstrând că produsul intern brut pe cap de locuitor, densitatea chirurgilor ortopezi și capacitatea sectorului privat prezic independent incidența reconstrucțiilor de ligament încrucișat anterior. Analiza temporală a arătat, în plus, că pandemia COVID-19 a acționat ca un factor amplificator al disparităților existente, regiunile cu resurse limitate înregistrând o recuperare mai lentă a activității chirurgicale elective comparativ cu zonele mai bine dezvoltate.

DISCUȚII GENERALE

Această lucrare oferă, pentru prima dată în România, o analiză coerentă și integrată a rupturii LIA și a tratamentului artroscopic asociat, de la nivelul spitalizărilor pentru leziunea acută până la distribuția și determinanții structurali ai reconstrucției ligamentului. Prin utilizarea bazelor de date administrative naționale și prin abordarea complementară a celor trei studii incluse, rezultatele conturează un tablou complex al epidemiologiei, practicii chirurgicale și inechităților de acces existente în sistemul de sănătate românesc.

Privite împreună, cele trei studii sugerează existența unui decalaj clar între necesarul potențial de îngrijire pentru ruptura de LIA și capacitatea reală a sistemului de a oferi diagnostic, tratament și recuperare în mod echitabil. Centralizarea intervențiilor în centre cu volum mare poate avea avantaje din perspectiva expertizei chirurgicale, dar, în absența unor trasee de trimitere bine structurate și a unei capacități regionale minime, aceasta riscă să accentueze inegalitățile și să întârzie tratamentul pentru pacienții din zonele periferice. Lipsa unui registru național de ligament limitează suplimentar posibilitatea de a evalua rezultatele pe termen lung, de a compara strategiile terapeutice și de a fundamenta politici de prevenție și organizare a serviciilor.

Implicațiile practice ale rezultatelor sunt semnificative. Dezvoltarea capacității chirurgicale regionale, distribuția mai echilibrată a forței de muncă specializate și implementarea unor trasee de trimitere funcționale sunt esențiale pentru reducerea disparităților identificate. În paralel, datele susțin necesitatea unor strategii naționale de prevenție și reabilitare, precum și a implementării unui registru național de LIA, care să permită

monitorizarea longitudinală a rezultatelor și alinierea practicii clinice la standardele internaționale.

Rezultatele cercetărilor arată că patologia ligamentului încrucișat anterior în România nu poate fi înțeleasă exclusiv prin prisma epidemiologiei leziunii sau a volumelor chirurgicale. Accesul la îngrijire este profund influențat de factori structurali și socioeconomi, iar abordarea acestor determinanți este esențială pentru îmbunătățirea echității și a rezultatelor pe termen lung. Prin abordarea integrată a rupturii de LIA, a practicii artroscopice și a accesului la reconstrucție, teza oferă o bază solidă pentru politici de sănătate informate și pentru dezvoltarea viitoare a îngrijirii ortopedice în România.

De asemenea, rezultatele evidențiază clar limitele actuale ale infrastructurii de date și ale organizării serviciilor ortopedice și deschid direcții de cercetare care decurg natural din nevoia de a depăși analiza descriptivă și de a construi un cadru național coerent de monitorizare, evaluare și optimizare a îngrijirii pacienților cu leziuni ale genunchiului.

CONCLUZII GENERALE

Cercetările realizate în cadrul acestei teze oferă o analiză integrată a patologiei ligamentului încrucișat anterior în România, din perspectiva epidemiologiei spitalizărilor, a utilizării chirurgiei artroscopice moderne și a accesului real la reconstrucția ligamentară. Prin combinarea datelor naționale de externare spitalicească cu analize demografice, temporale și teritoriale, cercetarea conturează pentru prima dată un tablou coerent al modului în care ruptura de LIA este diagnosticată, tratată și distribuită la nivel populațional în sistemul sanitar românesc.

Analiza spitalizărilor pentru ruptura acută de LIA confirmă faptul că această leziune afectează predominant tineri activi, cu o concentrare maximă în decadele a doua și a treia de viață și cu o predominanță masculină constantă.

Incidența spitalizărilor raportată la populația generală este mai redusă decât în multe sisteme vest-europene sau nord-americane, sugerând că datele de spitalizare reflectă doar o parte a poverii reale a leziunii și sunt influențate de traseul de acces la îngrijire și de disponibilitatea serviciilor specializate.

Extinderea analizei către chirurgia artroscopică a genunchiului evidențiază o creștere susținută a reconstrucțiilor de LIA în perioada pre-pandemică, urmată de un declin abrupt în 2020 și de o recuperare rapidă ulterior, cu atingerea sau chiar depășirea nivelurilor anterioare.

Această evoluție reflectă atât tendințele globale de extindere a indicațiilor chirurgicale și de dezvoltare a tehnicilor artroscopice, cât și vulnerabilitatea activității elective în fața unor șocuri sistemice majore, precum pandemia COVID-19.

Un element central al tezei îl reprezintă analiza inegalităților regionale în accesul la reconstrucția ligamentului încrucișat anterior. Rezultatele demonstrează o centralizare marcată a intervențiilor în câteva centre cu volum mare, situate preponderent în zone urbane și universitare, în timp ce numeroase regiuni prezintă rate extrem de scăzute sau aproape inexistente de reconstrucție.

Modelele statistice utilizate confirmă faptul că dezvoltarea economică regională, densitatea chirurgilor ortopezi și capacitatea sectorului privat sunt determinanți independenți ai accesului la reconstrucția de LIA, iar pandemia COVID-19 a acționat ca un factor amplificator al inechităților existente, regiunile cu resurse mai limitate înregistrând o recuperare întârziată a activității chirurgicale elective.

Privite în ansamblu, rezultatele tezei evidențiază existența unui decalaj între progresul tehnic al chirurgiei LIA și distribuția efectivă a beneficiilor acestuia la nivel populațional. Deși opțiunile moderne de tratament chirurgical sunt disponibile și aplicate cu succes în anumite centre, accesul la acestea rămâne profund dependent de localizarea geografică și de contextul socio-economic.

Prin utilizarea sistematică a datelor administrative naționale și prin integrarea acestora într-un cadru analitic orientat spre echitate și capacitate de sistem, această teza de doctorat aduce o contribuție originală semnificativă la înțelegerea epidemiologiei și a accesului la tratamentul chirurgical al rupturii ligamentului încrucișat anterior în România. Originalitatea cercetărilor rezultă nu doar în volumul și acoperirea datelor analizate, ci mai ales din modul în care aceste informații sunt corelate pentru a descrie întregul traseu al pacientului, de la apariția leziunii până la intervenția reconstructivă.

BIBLIOGRAFIE (selectivă)

1. PhysioPedia. *Anterior Cruciate Ligament Anatomy and Function*; 2024. Available online: https://www.physio-pedia.com/Anterior_Cruciate_Ligament (accessed on 2 February 2025).
2. Markatos, K.; Kaseta, M.K.; Lalloos, S.N.; Korres, D.S.; Efstathopoulos, N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* **2013**, *23*, 747–752 <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1079-8>

3. Zantop, T.; Petersen, W.; Sekiya, J.K.; Musahl, V.; Fu, F.H. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2006**, *14*, 982–992. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0076-z>
4. Steckel, H.; Starman, J.S.; Baums, M.H.; Klinger, H.M.; Schultz, W.; Fu, F.H. Anatomy of the anterior cruciate ligament double bundle structure: A macroscopic evaluation. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2007**, *17*, 387–392. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00579.x>
5. Mall, N.A.; Chalmers, P.N.; Moric, M.; Tanaka, M.J.; Cole, B.J.; Bach, B.R., Jr.; Paletta, G.A., Jr. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am. J. Sports Med.* **2014**, *42*, 2363–2370. <https://doi.org/10.1177/0363546514542796>
6. Castellanos Dolk, D.; Hedevis, H.; Stigson, H.; Wretenberg, P.; Kvist, J.; Stålman, A. Nationwide incidence of anterior cruciate ligament reconstruction in higher-level athletes in Sweden. *Br. J. Sports Med.* **2025**, *59*, 470–479. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108343>
7. Lam, M.H.; Fong, D.T.; Yung, P.S.H.; Ho, E.P.; Chan, W.Y.; Chan, K.M. Knee stability assessment on anterior cruciate ligament injury: Clinical and biomechanical approaches. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.* **2009**, *1*, 20. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-1-20>
8. Morales-Avalos, R.; Torres-González, E.M.; Padilla-Medina, J.R.; Monllau, J.C. ACL anatomy: Is there still something to learn? *Rev. Esp. Cir. Ortop. Traumatol.* **2024**, *68*, 422–427. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2023.02.005>
9. Yoo, H.; Marappa-Ganeshan, R. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Anterior Cruciate Ligament. In *StatPearls* [Internet]; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2025. Available online: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559233/\(accessed on 2 February 2025\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559233/(accessed on 2 February 2025)).
10. Martinez-Calderon, J.; Infante-Cano, M.; Matias-Soto, J.; Perez-Cabezas, V.; Galan-Mercant, A.; Garcia-Muñoz, C. The incidence of sport-related anterior cruciate ligament injuries: An overview of systematic reviews including 51 meta-analyses. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* **2025**, *10*, 174. <https://doi.org/10.3390/jfmk10020174>
11. Sanders, T.L.; Maradit Kremers, H.; Bryan, A.J.; Larson, D.R.; Dahm, D.L.; Levy, B.A.; Stuart, M.J.; Krych, A.J. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. *Am. J. Sports Med.* **2016**, *44*, 1502–1507. <https://doi.org/10.1177/0363546516629944>
12. Waldén, M.; Häggglund, M.; Werner, J.; Ekstrand, J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): A review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2011**, *19*, 3–10. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1172-7>
13. W-Dahl, A.; Kärrholm, J.; Rogmark, C.; Nåtman, J.; Bülow, E.; Arani, P.I.; Mohaddes, M.; Rolfson, O. Annual Report 2023: The Swedish Arthroplasty Register; The Swedish Arthroplasty Register: Gothenburg, Sweden, 2023. <https://doi.org/10.18158/JnKhp2Ru7>
14. Mouarbes, D.; Menetrey, J.; Marot, V.; Courtot, L.; Berard, E.; Cavaignac, E. Anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone–patellar tendon–bone and hamstring-tendon autografts. *Am. J. Sports Med.* **2019**, *47*, 3531–3540. <https://doi.org/10.1177/0363546518825340>
15. Tuca, M.; Valderrama, I.; Eriksson, K.; Tapasvi, S. Current trends in anterior cruciate ligament surgery: A worldwide benchmark study. *J. ISAKOS* **2023**, *8*, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2022.08.009>