MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII

UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT



PARASCHIV ALIN NICOLAE

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

Conducător științific:

PROF. UNIV. DR. TEODORESCU SILVIA VIOLETA

BUCUREȘTI
2025

UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT

ȘCOALA DOCTORALĂ

REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ A GENUNCHIULUI DUPĂ RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR PRIN PROTOCOALE BAZATE PE MIJLOACE CLASICE VERSUS TEHNOLOGII ASISTATE COMPUTERIZAT

Conducător științific:

PROF. UNIV. DR. TEODORESCU SILVIA VIOLETA

COMISIA DE ÎNDRUMARE:

PROF. UNIV. DR. STOICA MARIUS

CONF. UNIV. DR. EL BSAT RUXANDRA MIRELA

CONF. UNIV. DR. POPESCU OFELIA

Doctorand:

PARASCHIV ALIN NICOLAE

2025

CUPRINS

INTRODUCERE**.....1**

PARTEA I *LEZIUNILE LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR LA SPORTIVI ȘI ABORDĂRI TERAPEUTICE ÎN RECONSTRUCȚIA ACESTUIA PRIN TEHNICI MINIM INVAZIVE*

CAPITOLUL 1. REFLECTAREA TEMEI ÎN LITERATURA DE SPECIALITATE..5

1.1. Reflectarea temei în literatura de specialitate națională.....5

1.2. Reflectarea temei în literatura de specialitate internațională.....8

CAPITOLUL 2. PREDISPOZIȚIA SPORTIVILOR LA TRAUMATISME.....13

2.1. Circumstanțe și mecanisme de apariție a leziunilor LIA.....13

CAPITOLUL 3. CARACTERISTICI ANATOMO-FUNCȚIONALE ALE LIA ȘI NEUROPLASTICITATEA POST LEZIONALĂ 15

3.1. Particularități anatomo – biomecanice ale LIA 15

3.2. Diferențe de gen privind dezechilibrele neuromusculare.....16

3.3. Neuroplasticitatea după leziunea LIA 17

CAPITOLUL 4. ABORDĂRI TERAPEUTICE ÎN RECUPERAREA FUNCȚIONALĂ DUPĂ RECONSTRUCȚIA LIA.....14

4.1 Stadializarea recuperării funcționale postoperatorii.....14

4.2 Protocolul standardizat internațional: etape și exerciții-cheie.....19

4.3 Recuperarea funcțională prin tehnologii moderne.....21

4.3.1 Sisteme computerizate (Biodex System4 PRO) 22

4.3.2 Tehnologii avansate.....23

4.4. Alte abordări terapeutice.....24

4.4.1 Abordări conservatoare - indicații și limite.....24

4.4.2 Intervenții chirurgicale – tehnici clasice și moderne.....24

CAPITOLUL 5. CONCLUZII-Partea I.....26

PARTEA A II-A *REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ PRIN PROTOCOALE BAZATE PE MIJLOACE CLASICE VERSUS TEHNOLOGII ASISTATE COMPUTERIZAT APLICATE ÎN RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR PRIN TEHNICI MINIM INVAZIVE*

Studiul I

STUDIU PRIVIND RECUPERAREA SPORTIVILOR CU RECONSTRUCȚIE ARTROSCOPICĂ A LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR PRIN UTILIZAREA PROTOCOLULUI BAZAT PE MIJLOACE CLASICE

CAPITOLUL 6. CADRUL GENERAL DE ORGANIZARE ȘI DESIGNUL CERCETĂRII.....28

6.1. Scop.....28

6.2.Premisele cercetării.....44

6.3.Obiectivele cercetării 29
6.4. Sarcinile cercetării.....29
6.5.Ipoteza cercetării.....29
6.6.Metodele de cercetare.....30
6.7. Organizarea și desfășurarea studiului.....30
6.8. Participanții la cercetare și locul desfășurării.....30
6.9. Etapele cercetării.....31
6.10 Evaluarea participanțior la studiu.....32
6.11. Protocolul de intervenție terapeutică aplicat.....34
6.12. Rerezultatele cercetării.....35
6.13. Concluzii studiul I.....38

Studiul II

STUDIU PRIVIND RECUPERAREA SPORTIVILOR CU RECONSTRUCȚIE ARTROSCOPICĂ A LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR PRIN UTILIZAREA TEHNOLOGIILOR ASISTATE COMPUTERIZAT

CAPITOLUL 7. CADRUL GENERAL DE ORGANIZARE ȘI DESIGNUL CERCETĂRII.....41
7.1 Scop.....41
7.2 Premisele cercetării.....41
7.3 Obiectivele cercetării.....42
7.4 Sarcinile cercetării.....42
7.5 Ipoteza cercetării.....43
7.6 Metodele de cercetare.....43
7.7 Organizarea și desfășurarea studiului.....43
7.8. Participanții la cercetare și locul desfășurării cercetării.....43
7.9. Etapele cercetării.....44
7.10. Evaluarea subiecților.....45
7.11. Protocolul modern de intervenție terapeutică aplicat.....45
7.12. Rezultatele cercetării…….....46
7.13.Concluzii studiul II.....48

Studiul III

STUDIU COMPARATIV PRIVIND REZULTATELE PROTOCOALELOR DE INTERVENȚIE APLICATE - CLASIC VERSUS MODERN

CAPITOLUL 8 CADRUL GENERAL DE ORGANIZARE ȘI DESIGNUL CERCETĂRII.....52
8.1 Scop.....52
8.2. Metodotologie.....52
8.2.1. Participații la cercetare.....53
8.2.2. Ipoteză.....53
8.2.3. *Protocol de reeducare funcțională a genunchiului pacienților cu ligamentoplastie artroscopică a ligamentului încrucișat anterior (LIA)*.....53

8.2.4 Analiza statistică.....53
8.2.5. Rezultate.....54
8.3. Concluzii studiul III.....55
CAPITOLUL 9 CONCLUZII.....57
9.1. Concluzii desprinse din studiile efectuate.....57
CAPITOLUL 10 ELEMENTE DE ORIGINALITATE, DISEMINAREA REZULTATELOR ȘI LIMITELE CERCETĂRII.....59
10.1 Elemente de originalitate…….……..…….59
10.2 Limitele cercetării……..….59
10.3 Valorificarea cercetării…….……..61
BIBLIOGRAFIE.....63

INTRODUCERE

Mai mult ca niciodată, în lumea sportului modern, sportivii își depășesc limitele. Cu toate că progresele înregistrate în știința sportului au îmbunătățit performanțele, acestea au avut ca efect și creșterea numărului de accidentări cauzate de antrenamente intense, mișcări cu impact puternic și stres fizic, factorii cheie fiind reprezentați de suprasolicitare, rutina în încălzirea deficitară și perioadele de refacere/recuperare necorespunzătoare.

Printre cele mai frecvente leziuni survenite la sportivii de performanță se numără leziunile ligamentului încrucișat anterior, tipice articulației genunchiului și care au ca rezultat disfuncții musculo-scheletice și neurofiziologice. Acest ligament este important pentru menținerea stabilității articulației genunchiului, în special în activitățile care implică răsucirea, pivotarea sau lovirea cu piciorul.

Cel mai frecvent mecanism care favorizează accidentarea este cel al unei manevre bruște de pivotare sau de forfecare în timpul activității sportive, iar situațiile care pun presiune asupra acestui ligament sunt: încetinirea bruscă și schimbarea bruscă a direcției (forfecare), pivotarea cu piciorul bine fixat, aterizare după o săritură, oprire bruscă, primirea unei lovituri directe în genunchi sau o coliziune, cum ar fi o lovitură la fotbal. Aceste situații se întâlnesc frecvent în fotbal, baschet și fotbal american (soccer). Ligamentul se poate rupe, de asemenea, din cauza unor accidente de muncă sau a unor accidente de mașină.

Când ligamentul este deteriorat, se produce de obicei o ruptură parțială sau completă a țesutului; dacă leziunea este ușoară ligamentul se poate întinde, dar rămâne intact.

În cazul unei rupturi, genunchiul devine instabil, iar articulația se poate deteriora în timp.

Din păcate, deși există numeroase studii mai vechi sau mai recente, privind incidența leziunilor LIA, acestea au fost elaborate pe baza unor raportări online, surse care ar putea să subestimeze incidența reală a leziunilor sportivilor, deoarece cu siguranță au fost omiși unii jucători accidentați, iar pe de altă parte, nu au fost disponibile informații despre: leziunile asociate (leziuni concomitente ale meniscului, ligamentului colateral, cartilajului articular), tehnicile chirurgicale, tipul grefei și programele de reabilitare. Menționăm că analiza datelor care clasifică aceste variabile ar putea fi valoroasă.

Totodată, în cazul sportivilor, raportările online privind leziunile LIA nu au fost solicitate de toate federațiile europene, ca urmare nu există o bază de date privind accidentările, precum cele utilizate în National Fotball League (NFL) sau în National

Basketball Association (NBA) din SUA. Abia în decembrie 2023, UEFA a decis la Conferința de la Zagreb, constituirea unui grup de experți și specialiști de renume internațional care să creeze, până în vara anului 2024, un chestionar de conștientizare a leziunilor LIA adresat tuturor persoanelor din comunitatea fotbalului feminin, cu scopul de a colecta mai multe informații și de a răspunde nevoilor unice ale fiecărui segment al acestei comunități. Acest pas inițiat de UEFA va ajuta la înțelegerea aprofundată a provocărilor zilnice cu care se confruntă persoanele afectate de leziunile LIA în fotbalul feminin, fie că sunt jucătoare, antrenori, medici, fizioterapeuți sau părinți și va reprezenta un model pentru celelalte federații sportive, pentru a se crea o bază de date specifică fiecărui sport.

Subliniem că standardul de aur în reconstrucția chirurgicală a LIA este artroscopia, dar nu există un consens privind selecția tehnicii de reconstrucție sau a tipului de grefă (autografă, alografă sau ligamentele sintetice), deoarece trebuie avute în vedere, la fiecare pacient în parte, beneficiile, complicațiile și riscurile, inclusiv ale grefei recomandate.

Tratamentul de elecție este cel chirurgical și are ca obiectiv redobândirea stabilității genunchiului. Opțiunea de gestionare chirurgicală poate varia în funcție de simptomele pacientului, de nivelul și tipul de activitate a acestuia, de exemplu, dacă sportul practicat implică mișcări de rotație. Indiferent de opțiune, obiectivele chirurgiei reconstructive sunt de a redobândi stabilitatea și de a menține o amplitudine completă a mișcării active (ROM) la nivelul articulației genunchiului.

În ultimii douăzeci de ani, tehnicile chirurgicale pentru reconstrucția și reabilitarea LIA au fost dezvoltate, ceea ce a permis pacienților să reia activitățile sportive la nivelul anterior accidentării. Cu toate acestea, este încă nevoie de o perioadă lungă de timp pentru a se recupera complet și a reveni, fără restricții, la nivelul anterior. Perioada de recuperare cauzează importante dificultăți mentale, fizice și economice pentru pacienți. Astfel, în ultimii ani s-a subliniat importanța prevenirii leziunilor.

În privința recuperării post-chirurgicale a sportivilor, fizioterapeuții creează programul de recuperare, utilizând mijloacele pe care le au la dispoziție și autorizează, împreună cu medicul specialist, revenirea la activitatea sportivă normală după parcurgerea unor etape obligatorii, derulate pe o perioadă de cca. 1 an.

Obiectivele reeducării constau din: stabilizarea genunchiului, tonifierea mușchilor care acționează asupra acestei articulații pentru ca sportivii să ajungă la același nivel de activitate fizică anterioară accidentării, dar și în condiții de reducere a riscului de reaccidentare după revenirea la practicarea aceluiași sport. Atingerea acestor obiective a stat în centrul

preocupărilor noastre prin experimentarea unor mijloace clasice versus mijloace moderne, bazate pe tehnologii computerizate, pentru a oferi specialiștilor în recuperare modele de intervenție post-ligamentoplastie LIA.

Abordările de gestionare a leziunilor LIA, cum ar fi terapiile de reabilitare, tratamentele medicale avansate și protocoalele de revenire treptată la activitate, asigurarea siguranței și longevității sportivilor necesită un efort colectiv de colaborare între antrenori, preparatori fizici și profesioniști din domeniul medical. Prin antrenamente mai inteligente și o mai bună conștientizare, putem ajuta sportivii să rămână în cea mai bună formă, minimizând riscurile asociate sportului de înaltă performanță.

Motivarea alegerii temei

Ruptura ligamentului cruciat anterior, asociată activității fizice, necesită de obicei reconstrucție chirurgicală pentru a reda stabilitatea și funcționalitatea genunchiului. În ciuda aplicării unor programe de recuperare medicală, leziunile LIA cresc dramatic riscul de apariție a osteoartritei invalidante asociate cu scăderea activității fizice.

Este important de menționat că reconstrucția și reabilitarea care se bazează în principal pe intervenții neuromusculare tradiționale au o rată de eșec de până la 30% în ceea ce privește ruptura repetată după revenirea la sport. Această rată ridicată este agravată de incapacitatea majorității persoanelor de a reveni la nivelul de activitate anterior leziunii.

Dovezile existente susțin antrenamentul neuromuscular pentru prevenirea și reabilitarea eficientă a leziunilor, iar multe dintre aceste abordări vizează în primul rând factorii biomecanici, cum ar fi forța musculară, echilibrul și funcția pliometrică.

Cu toate că lucrez în domeniu de peste 10 ani, în literatura de specialitate din România nu am identificat studii recente care să prezinte utilizarea tehnologiei computerizate/ echipamentul Biodex 4 Pro în evaluarea și corectarea profilului biomecanic și restabilirea forței musculare în ligamentoplastie LIA.

Considerăm că echipamentul Biodex 4 Pro ar putea reprezenta o oportunitate de stimulare a capacității de neuroplasticitate postlezională, reducând riscul unui control deficitar al mișcărilor și a decalajului dintre reabilitare și revenirea la practicarea sportului anterior.

Alegerea temei este motivată și de faptul că am intenționat să corectez prin intervenția terapeutică tiparele de mișcare defectuoase care stau la baza riscului de re-leziune a LIA prin experimentarea unor mijloace clasice versus mijloace moderne, bazate pe tehnologii computerizate.

Totodată, apreciez că această lucrare ar putea reprezenta un moment de vârf al carierei mele profesionale și de cercetare, în deplină concordanță cu paradigma competitivă de reluare a activităților fizice specifice sportivilor în condiții de evitare a accidentărilor.

Iubitor al sportului în general și practicant al atletismului, am finalizat studiile de licență și masterat în cadrul Facultății de Kinetoterapie din UNEFS București. Încă din primii ani de studenție am lucrat ca voluntar în diferite centre de recuperare, la care se adaugă 7 ani de practică postuniversitară, ceea ce mi-a permis acumularea unei experiențe considerabile în acordarea asistenței kinetoterapeutice într-un spectru larg de afecțiuni, dar treptat m-am axat pe patologia posttraumatică la sportivi, reflectată și de tema lucrării de față.

În acest context, doresc să ofer specialiștilor în recuperare modele de intervenție post-ligamentoplastie LIA la sportivi, pentru atingerea obiectivelor de revenire în sport, cu o capacitate fizică suficientă pentru a face față cerințelor practicării sportului respectiv, dobândirii abilităților dorite, reducerii perioadei de tranziție de la reabilitare la reluarea activității sportive și evitării re-accidentărilor.

PARTEA I
LEZIUNILE LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR LA SPORTIVI ȘI ABORDĂRI TERAPEUTICE ÎN RECONSTRUCȚIA ACESTUIA PRIN TEHNICI MINIM INVAZIVE

CAPITOLUL 1. **REFLECTAREA TEMEI ÎN LITERATURA DE SPECIALITATE**

1.1. Reflectarea temei în literatura națională

Recuperarea funcțională a genunchiului după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior (LIA) reprezintă una dintre temele centrale abordate în literatura științifică de specialitate din România, în special în ultimele două decenii. În contextul dezvoltării recuperării medicale ca disciplină și al progresului tehnologic în ortopedie, tema a fost abordată din multiple perspective, incluzând fizioterapia, kinetoterapia și chirurgia ortopedică.

Interesul științific a crescut considerabil în ultimul deceniu, în special din perspectiva fizioterapiei și kinetoterapiei, fiind susținut de o serie de cercetări academice și clinice efectuate la sportivi, sedentari sau persoane active.

Manole și colab. (2011) au propus o schemă de reabilitare post ligamentoplastie tip Keneth-Jones la sportivi practicanți ai handbalului, subliniind diferențele între recuperarea pasivă și activă. Studiul insistă asupra specificității terapiei la sportivi, evidențiind nevoia unei progresii rapide, dar controlate, a intensității exercițiilor. Ei au folosit exerciții de reeducare neuromusculară, stabilizare dinamică și analiză posturală, precum și reeducare proprioceptivă pe suprafețe instabile. Acest tip de reabilitare a condus la o reducere semnificativă a recidivelor și la creșterea încrederii sportivului în genunchiul operat.

Boca (2013) a adus în prim-plan importanța reeducării proprioceptive, mai ales în fazele intermediare și avansate ale terapiei, când instabilitatea reziduală rămâne o provocare majoră.

Bogdan (2013), în cadrul lucrării de doctorat susținută la Universitatea Politehnica din Timișoara, a abordat problematica reconstrucției LIA dintr-o perspectivă biomecanică și inginerească. Autorul a investigat potențialul utilizării ligamentelor artificiale bazate pe aliajul cu memorie de formă (NiTinol) și a prezentat implicațiile acestora în raport cu adaptabilitatea la țesuturile biologice și cerințele kinetoterapiei ulterioare. Studiul efectuat concluzionează că un material sintetic adecvat poate scurta perioada de imobilizare și poate permite o recuperare mai rapidă și mai funcțională, cu accent pe antrenamentele progresive și precoce.

Rabolu (2018) a propus o etapizare clară a intervențiilor kinetice după ligamentoplastie, cu accent pe progresia controlată și pe rolul exercițiilor proprioceptive. Autorul susține că modelul actual este profund inter-profesional, afirmând că refacerea completă necesită intervenția coordonată a medicului ortoped, fizioterapeutului, kinetoterapeutului și psihologului sportiv.

Într-o cercetare epidemiologică realizată pe jucători de badminton, Milon (2017) constată că leziunile LIA sunt responsabile de peste 35% dintre accidentările care necesită intervenție chirurgicală și recuperare specializată de durată. Studiul subliniază importanța prevenirii prin antrenamente destinate educării echilibrului și dezvoltării lanțului muscular posterior.

Stănescu și colab. (2019) au demonstrat eficiența utilizării exercițiilor de tip fitness în reabilitarea postoperatorie după ligamentoplastie de LIA, subliniind necesitatea unei reeducări funcționale progresive, cu integrarea treptată a forței, mobilității și propriocepției. În studiul efectuat, autorii au aplicat un program de recuperare structurat pe patru etape, care includea exerciții de tip aerob, antrenament cu greutăți progresive și activități funcționale specifice, demonstrând că acest tip de abordare contribuie la restabilirea forței musculare și la accelerarea revenirii la activități normale de viață. De asemenea, s-a subliniat importanța echilibrului între antrenamentul în lanț kinetic deschis și închis, în funcție de stadiul reparator.

Spitalul Medicover din București (2022) a publicat pe site-ul său un raport clinic care evidențiază că peste 2500 de reconstrucții LIA sunt efectuate anual în România, majoritatea la persoane active cu o incidență mai mare la bărbații între 18 și 35 ani. Cele mai frecvente sporturi asociate cu aceste leziuni sunt: fotbalul (43%), handbalul (18%), schiul (11%) și baschetul (10%). Același raport relevă faptul că rata de revenire la activități sportive este de 65–70%, în funcție de calitatea recuperării, în timp ce aproximativ 20% dintre pacienți suferă recidive sau complicații în primul an postoperator. Se prezintă etapizarea programelor de recuperare specifică, pe o durată de 3-6 luni, cu obiective specifice, astfel: *Etapa 1* (0–2 săptămâni): controlul durerii și al edemului, crioterapie, mobilizare pasivă și contracții izometrice ușoare; *Etapa 2* (2–6 săptămâni): extensie activă completă, tonifiere cvadriceps, mobilizare patelară, bicicletă staționară; *Etapa 3* (6–12 săptămâni): lanț kinetic închis, exerciții proprioceptive, antrenamente de echilibru; *Etapa 4* (12–24 săptămâni): alergare progresivă, exerciții pliometrice, testări funcționale pentru revenire la sport.

Literatura națională evidențiază o evoluție clară a abordării terapeutice a LIA, trecând de la metode clasice pasive la intervenții bazate pe dovezi, dar și pe utilizarea unor tehnologii moderne. Reabilitarea eficientă presupune o echipă interdisciplinară și un protocol etapizat, personalizat și continuu monitorizat.

Un exemplu semnificativ în această direcție este studiul realizat de Solomon-Pârțac (2022) care evidențiază importanța testărilor funcționale și a criteriilor obiective de revenire la activitate în reabilitarea postoperatorie a genunchiului după LIA.

Lucrarea se aliniază tendințelor moderne în care recuperarea postoperatorie nu mai este văzută doar ca o etapă de „vindecare", ci ca un proces continuu de reeducare neuromusculară, readaptare funcțională și prevenire a recidivelor. Tehnologii precum analiza posturală computerizată, platformele de forță și sistemele de biofeedback sunt integrate treptat în practica clinică.

În contrast cu programele clasice de kinetoterapie, folosite pe scară largă în România, construite pe o etapizare a recuperării (controlul inflamației, redobândirea extensiei și flexiei genunchiului, tonifierea musculară, antrenamente de echilibru și readaptare la efort), potrivit Solomon-Pârțac (2022) abordările moderne includ dry needling, terapia cu lumină Medolight, feedback vizual și platforme de forță. Acesta susține că tehnologia permite cuantificarea obiectivă a progresului și personalizarea exercițiilor.

Un punct de vedere comun în toate studiile analizate este importanța colaborării între specialiști: ortoped, fizioterapeut, kinetoterapeut, psiholog sportiv. Vasilescu și colab. (2022) au evidențiat faptul că doar integrarea acestora într-un sistem coerent poate asigura revenirea completă și sigură la activitatea sportivă.

Geageac și colab. (2024), în cadrul unei cercetări publicate în revista Sanatoriului Techirghiol, prezintă relația dintre ruptura acută de LIA și leziunile meniscale asociate. Lucrarea evidențiază dificultățile reeducării funcționale când intervin complicații meniscale și atrage atenția asupra importanței personalizării programelor de recuperare în astfel de cazuri. Se propune asocierea exercițiilor fizice cu electrostimularea segmentară, crioterapia și integrarea platformelor de echilibru computerizat în programul de intervenție.

În contextul prezentat, observăm că literatura de specialitate din România reflectă o înțelegere tot mai profundă și complexă a procesului de reeducare funcțională a genunchiului după ruptura LIA.

Studiile analizate demonstrează o evoluție constantă și coerentă de la metode pasive către terapii bazate pe tehnologii moderne, biomecanică avansată și colaborare

interdisciplinară, toate orientate către o recuperare funcțională completă, sigură și eficientă, care asigură revenirea la activitatea sportivă după ligamentoplastie LIA.

1.2. Reflectarea temei în literatura internațională

Literatura internațională de specialitate este mult mai bogată în referințe bibliografice referitoare la schimbările considerabile suferite de reabilitarea LIA în ultimul deceniu.

Van Melick și colab. (2016) au redactat un ghid pentru reabilitarea după ligamentoplastie LIA, după analiza unor revizuiri sistematice, studii controlate randomizate și studii prospective de cohortă publicate între ianuarie 1990 și iunie 2015, utilizând ca sursă de informare baza de date bibliografice MEDLINE și Biblioteca Cochrane. A fost inclusă în meta-analiză literatura care a abordat cel puțin un subiect din 9 prestabilite: predictori preoperatorii pentru rezultatul postoperator, eficacitatea terapiei fizice, exerciții pentru cvadriceps cu lanț cinetic deschis și închis, forță și antrenament neuromuscular, electrostimulare și feedback electromiografic, crioterapie, măsurători ale performanței funcționale, revenirea la joc și riscul de reaccidentare.

Autorii au constatat efectuarea unor cercetări intensive în biomecanica genunchiului lezat și a genunchiului operat care au determinat o trecere de la tehnicile utilizate la începutul anilor 1990, caracterizate prin ghipsare postoperatorie, întârzierea purtării de greutăți și limitarea amplitudinii de mișcare (ROM), la un program actual de reabilitare timpurie, cu pregătire imediată a ROM și la efectuarea de exerciții cu greutăți.

Reabilitarea LIA include atât opțiunile conservatoare, cât și pe cele chirurgicale. Tratamentul conservator al unei leziuni a LIA ar putea fi cea mai bună alegere pentru pacienții sedentari. Într-adevăr, vârsta pacientului, activitățile sportive și, în primul rând, simptomele subiective de instabilitate în activitățile vieții de zi cu zi ar trebui luate în considerare când se decide pentru sau împotriva reconstrucției LIA (Konrads și colab., 2016).

În aceste cazuri, cel mai bun protocol de reabilitare ar putea fi un program fizio-kinetoterapeutic de recâștigare completă a ROM, un program cuprinzător de creștere și restabilire a propriocepției și un antrenament pentru un mers normal. Cu toate acestea, dacă instabilitatea simptomatică a genunchiului nu se reduce nici după fizioterapie, nici după ajustarea activității, se recomandă reconstrucția ligamentului încrucișat anterior. Acest lucru ar putea preveni intervențiile multiple din cauza deteriorării suplimentare a meniscului și a cartilajului (Meuffels De și colab., 2012).

Referitor la atitudinea terapeutică postoperatorie imediată, purtarea unei orteze este recomandată de unii autori imediat postoperator, după care utilizarea acesteia trebuie redusă progresiv (Eitzen și colab., 2010). Alți autori apreciază că ortezarea postoperatorie, fie în extensie, fie cu balamale deschise pentru mobilizarea genunchiului, nu oferă avantaje semnificative comparativ cu lipsa ortezării (Wright și colab., 2011).

Nu există un consens general privind necesitatea ortezării funcționale sau durata aplicării acesteia. Harilainen și colab. (2006) au comparat efectele ortezei funcționale după reconstrucția LIA cu grefă patelară, cu cele ale neortezării postoperatorii. Nu au fost detectate diferențe semnificative în ceea ce privește rezultatele funcționale, gradul de stabilitate sau cuplul muscular izocinetic la 1 și 2 ani postoperator între cele două grupuri.

Într-un studiu similar, Risberg și colab. (2010) nu au constatat diferențe semnificative în ceea ce privește laxitatea articulației genunchiului, amplitudinea de mișcare, forța musculară, testele funcționale ale genunchiului sau durerea.

Încă din prima săptămână postoperator specialiștii consideră sigure exercițiile izometrice pentru cvadriceps. De asemenea, studiile evidențiază că este benefică ridicarea timpurie de greutăți, deoarece poate reduce durerea la nivelul rotulei și nu are un risc semnificativ de producere a complicațiilor. Mobilizarea activă este de asemenea indicată, deoarece conduce la evitarea instalării artrofibrozei secundare. În acest context, nu se justifică mobilizarea pasivă continuă pentru a îmbunătăți rezultatele intervenției de recuperare medicală (Isberg și colab., 2006; Van Melick și colab.,2016).

Din săptămânile 3-4 postoperator se recomandă efectuarea din poziția așezat (de exemplu pe o bicicletă ergometrică sau cu greutăți ușoare) a unor exerciții de tonifiere a mușchilor ischiogambieri și a cvadricepsului cu respectarea principiului progresivității, în funcție de durere și de tumefacție.

Începerea antrenamentului excentric al cvadricepsului, în lanț cinematic închis, de la 3 săptămâni după ligamentoplastie este sigură și contribuie la o îmbunătățire mai mare a forței cvadricepsului, comparativ cu antrenamentul concentric (Gokeler și colab., 2019). De obicei, aceste exerciții sunt efectuate de pacienți care s-au antrenat o perioadă lungă de timp într-un program bun de etapă preoperatorie.

Forța cvadricepsului este îmbunătățită prin extensie timpurie și prin susținerea greutății corporale. Combinația de extensie timpurie a genunchiului, de sprijin timpuriu și de tonifiere a cvadricepsului prin execiții efectuate în lanț cinematic închis permite pacientului să

progreseze în perioada de recuperare postoperatorie într-un ritm destul de rapid și fără compromiterea stabilității ligamentare (Millett și colab., 2010).

Exercițiile efectuate în lanț cinetic închis și în lanț cinetic deschis joacă un rol important în redobândirea forței mușchilor cvadriceps și ischiogambieri, precum și a stabilității funcționale a genunchiului.

Literatura de specialitate prezintă controverse privind efectuarea acestor tipuri de exerciții.

Unii clinicieni consideră că exercițiile în lanț cinematic închis sunt mai sigure decât cele efectuate în lanț cinematic deschis, deoarece acestea pun mai puțină presiune asupra grefei de LIA, sunt mai funcționale și la fel de eficiente ca și exercițiile în lanț cinematic deschis (Bynum și colab., 1995).

Cu toate acestea, un studiu care a examinat efectul exercițiilor efectuate în lanț cinematic deschis și închis asupra activității funcționale a genunchiului, a concluzionat că ambele programe au condus la un rezultat funcțional bun, egal, pe termen lung (Perriman, Leahy, Semciw, 2018).

Într-un alt studiu, efectuat pe două grupuri de subiecți, grupul 1 a efectuat tonifierea cvadricepsului doar cu exerciții efectuate în lanț cinematic închis, în timp ce grupul 2 s-a antrenat cu exerciții combinate, în lanț cinematic închis și deschis, începând cu săptămâna 6 după operație (Heijne & Werner, 2007). Combinarea celor două tipuri de exerciții după reconstrucția LIA a avut ca rezultat un cvadriceps semnificativ mai puternic, fără a reduce stabilitatea articulației genunchiului la 6 luni și, de asemenea, s-a înregistrat un număr semnificativ mai mare de sportivi care au revenit la activitatea anterioară mai devreme și la același nivel ca înainte de accidentare. Autorii concluzionează că această combinație de exerciții, în lanț cinematic deschis și închis, este mai eficientă decât exercițiile în lanț cinematic închis, singure (Glass și colab., 2010).

În orice caz, este important să fie monitorizată progresia sarcinilor pentru ca exercițiile să nu provoace durere sau laxitate la nivelul genunchiului operat.

O analiză sistematică mai recentă, efectuată de Jewiss și colab. (2017), ce a vizat studiile care au avut ca scop revenirea la activitatea sportivă anterioară, prin aplicarea de exerciții în lanț cinematic deschis sau închis la pacienții post-ligamentoplastie a evidențiat că:

- nu există dovezi sau aceste sunt insuficiente pentru a demonstra diferența dintre exercițiile în lanț cinematic închis versus lanț cinematic deschis pentru scorurile de durere sau laxitate articulară;

- nu există de fapt nici o diferență în ceea ce privește durerea resimțită de pacienții care efectuează exercițiile în lanț cinematic închis versus lanț cinematic deschis.

Există puține dovezi potrivit cărora exercițiile cu lanț deschis sunt mai bune pentru îmbunătățirea forței extensoare a genunchiului, dar acest lucru este contrazis, tot de un număr redus de dovezi, de asigurarea unei flexii active a genunchiului mai bune în activitățile cu lanț închis.

Recuperarea funcțională este o componentă esențială a tratamentului postligamentoplastie la sportivi, deoarece poate afecta dramatic rezultatul final al intervenției chirurgicale (Brinlee și colab., 2022).

Literatura de specialitate a raportat rate ridicate de succes ale ligamentoplastiei la sportivii de performanță, dar mai puțin de jumătate dintre aceștia și-au putut relua participarea sportivă competițională și și-au dobândit, după ligamentoplastie, nivelul capacităților funcționale de dinaintea accidentului (Ardern și colab., 2001; Ebert și colab., 2018).

Reluarea activității sportive constituie o etapă crucială în procesul de recuperare după ligamentoplastie la sportivii de performanță. Cu toate acestea, există în prezent o lipsă de dovezi care să precizeze criteriile de progresie sau de externare în acest context. Deficitul de forță a cvadricepsului și al tendonului ischiogambierilor, raportul anormal între tendonul ischiogambierilor și cvadriceps și lipsa de motivație sunt principalii factori de risc legați de apariția unei noi leziuni (Papalia și colab., 2013; Wiggins și colab. 2016).

Pentru o reluare sigură a activității sportive după ligamentoplastie LIA, este crucială pregătirea psihologică (Ardern și colab., 2013) însă evaluarea acesteia și sprijinul ulterior oferit în timpul reabilitării nu sunt bine documentate (Sadeqi și colab., 2018; Marom și colab., 2022).

Într-o revizuire sistematică și o meta-analiză a lucrărilor care au abordat revenirea la sport după reconstrucția și reabilitarea LIA, conform lui Erickson și colab. (2013) majoritatea medicilor recomandă revenirea la sport la 6 luni (55.8%) sau 9 luni (12.3%) după reconstrucția LIA. Niciun chirurg nu a recomandat să se aștepte ≥12 luni înainte de a reveni la sport.

Doar pentru că LIA a fost reconstruit și funcția fizică a fost în mare parte restabilită prin reabilitare și antrenament concentrat pe efortul specific sportului nu înseamnă că au fost restabilite condițiile premorbide. În ciuda progreselor în strategiile chirurgicale, medicale și de reabilitare, stadiul actual al reconstrucției LIA nu reproduce ligamentul nativ în ceea ce

privește funcția neurosenzorială, densitatea minerală osoasă regională, entezele de inserție, anatomia sau fiziologia.

Kinetoterapeuții și antrenorii sportivi au afirmat, de mult timp, necesitatea de a restabili echivalența bilaterală a testelor de forță, de putere și de performanță funcțională la aproximativ 80% până la >90% ca un criteriu pentru a obține revenirea la starea de pregătire sportivă. Alții au conceput algoritmi mai elaborați care combină mai multe inventare, inclusiv teste de performanță funcțională, examinare clinică, inventarul funcției percepute și inventarul psiho-comportamental, precum și teste biomecanice (Hurd și colab., 2008).

Indiferent de criteriile specifice și de scorul prag care semnalează revenirea în siguranță la starea de pregătire pentru joc, cercetările actuale privind rezultatele sugerează că normalitatea în ceea ce privește restabilirea stării premorbide se produce rareori, dacă nu chiar niciodată. În plus, posibila influență negativă a leziunii și a intervenției chirurgicale a LIA index asupra funcției membrelor inferioare controlaterale sugerează că toate comparațiile bazate exclusiv pe funcția „nevătămată" a membrelor inferioare ar putea avea o validitate limitată (Månsson și colab., 2016).

Deși unii sportivi revin la același nivel competițional în același sport în care au suferit leziunea LIA, majoritatea nu o fac. În plus, față de factorii fizici și psiho-comportamentali menționați anterior, variabile precum vârsta subiectului la momentul leziunii LIA, considerațiile socio-economice privind continuarea participării la sport și schimbarea motivațiilor în timp pot influența procesul de luare a deciziei de revenire la sport. Având în vedere compromiterea neurosenzorială a articulației genunchiului care apare când se reconstruiește o structură neurosenzorială sensibilă cu o grefă relativ „inertă din punct de vedere senzorial", nu este surprinzător faptul că pentru a permite continuarea funcției apare activarea compensatorie a controlului neuromuscular, rigiditatea musculară crescută a regiunii șoldului, atrofia fibrelor musculare cu contracție rapidă la nivelul cvadricepsului femural și al gastrocnemienilor membrelor inferioare implicate și modelele de încărcare dezechilibrată a membrelor inferioare (Nyland și colab., 2014).

În urma unei leziuni și a unei intervenții chirurgicale la nivelul LIA, pacienții prezintă o tendință mai mare de a utiliza o strategie de compensare prin implicarea șoldului când efectuează sarcini progresive de urcare și săritură. Acest lucru permite mușchilor gluteus maximus și hamstring să înlocuiască funcția cvadricepsului femural prin genunchi pentru extensia extremității inferioare în timpul exercițiilor și a mișcărilor cu lanț cinetic închis (Nyland și colab.2013).

O parte esențială a recuperării articulației genunchiului o reprezintă restabilirea contribuțiilor echilibrate ale șoldului, genunchiului și gleznei la extensia extremității inferioare. Cu o reabilitare bine concepută, această tendință crescută a strategiei de control postural al șoldului poate fi oarecum mediată și sportivii pot funcționa la niveluri foarte apropiate de cele de dinaintea accidentului. Acest lucru poate fi mai evident când funcția neurosenzorială a LIA fie este păstrată, fie restaurată. Cu toate acestea, este necesar un antrenament de întreținere pe termen lung pentru a preveni inhibiția recurentă a cvadricepsului femural (Nyland și colab, 2010; O'Connor și colab, 2020).

Capitolul 2. **PREDISPOZIȚIA SPORTIVILOR LA TRAUMATISME**

2.1. Circumstanțe și mecanisme de apariție a leziunilor LIA

Ruptura ligamentului încrucișat anterior este adesea asociată cu o entorsă gravă a genunchiului. De fapt, se estimează că în rândul sportivilor, riscul de a suferi o entorsă cu o ruptură completă a ligamentului încrucișat anterior este de 1/3000. Principalele sporturi vizate sunt cele care necesită mișcări de pivotare, cum ar fi sporturile cu minge (fotbal, baschet, volei, rugby etc.), schiul, gimnastica și toate sporturile de luptă. Aceste sporturi presupun mișcări ale genunchiului care sunt mai susceptibile de a provoca o ruptură de ligament.

Interacțiunile dintre sportivi și evenimentele de joc care duc la o leziune a ligamentului încrucișat anterior sunt diverse, dar pot fi grupate în trei categorii în funcție de tipul de contact (Hewett și colab., 2007):

a) contact direct: o forță externă, aplicată direct pe genunchiul accidentat este probabil cauza leziunii; agentul traumatic acționează în plan sagital sau frontal;

b) contact indirect: o forță externă este aplicată sportivului, dar nu direct pe genunchiul accidentat; forța este implicată în procesul de accidentare, dar nu este probabil cauza directă. Acest tip de leziune este uneori contabilizat ca o leziune de tip a; în jumătate din cazuri leziunile LIA sunt asociate cu alte leziuni ale meniscului și sunt tratate simultan în cazul unei intervenții chirurgicale;

c) fără contact: forțele aplicate genunchiului în momentul leziunii rezultă din mișcarea proprie a sportivului și nu implică contactul cu un alt sportiv sau cu un obiect.

În majoritatea cazurilor, principala cauză a unei rupturi a ligamentului încrucișat anterior este o traumă fără contact, cauzată de o mișcare de răsucire. Piciorul rămâne blocat pe sol în timp ce genunchiul se rotește (spre interior sau spre exterior).

Traumatismele de genunchi de acest tip pot apărea în următoarele situații: aterizarea după o săritură; schimbare bruscă de direcție; o mișcare de pivotare. De exemplu, când există o decelerație bruscă asociată cu o schimbare de direcție care dezechilibrează genunchiul sau când se aterizează după o săritură, piciorul se pronează și genunchiul este proiecat în valgus. Această mișcare bruscă este cunoscută sub numele de „prăbușire medială" a genunchiului.

În cazul leziunilor multiligamentare mecanismele de producere sunt de obicei greu de identificat, dar asociațiile de leziuni fac posibilă suspectarea mecanismului cauzal.

Studii efectuate asupra jucătorilor de baschet în perioada 2005-2011, au evidențiat că 35% dintre leziunile membrelor inferioare au apărut ca urmare a unui mecanism fără contact. Evenimentul este, în general, neanticipat de către un sportiv, care este distras sau trebuie să ia o decizie rapidă: să prindă, să paseze o minge sau să evite un adversar.

Impactul acestor leziuni este divers și grav și se răsfrânge, în primul rând, asupra sportivului, care uneori va trebui să își întrerupă activitatea sportivă, cu posibilitatea de a nu o mai putea relua niciodată la același nivel. Pe termen lung, acest lucru poate duce la probleme funcționale în ceea ce privește sănătatea fizică. În plus, aceste evenimente pot duce la costuri economice suplimentare din cauza îngrijirii necesare, cum ar fi intervențiile chirurgicale și îngrijirea postoperatorie. Luate împreună, aceste condiții explică interesul manifestat față de ruptura ligamentului încrucișat anterior. Acest lucru este consecința faptului că observăm, din ce în ce mai frecvent, apariția acestui tip de leziune în timpul competițiilor.

Pentru a preveni rupturile LIA și pentru a spori siguranța revenirii la activitatea sportivă anterioară leziunii, sportivii trebuie să respecte un program de prevenire a reaccidentărilor, dar cel mai securizant ar fi să urmeze un program de profilaxie primară, de prevenire a accidentărilor.

Protocolul „Fifa 11+" este unul dintre cele mai cunoscute în domeniul prevenirii leziunilor LIA în fotbalul masculin. Pierderile suferite au determinat echipele medicale să îl dezvolte în 2006.

Majoritatea programelor s-au concentrat asupra fotbalului, deoarece este unul dintre sporturile cele mai expuse la risc în acest domeniu, dar și asupra altor sporturi, precum handbalul, baschetul și rugby-ul.

Capitolul 3. **Particularități ale LIA și modificări ale neuroplasticității în ruptura LIA**

3.1 Particularități anatomo – biomecanice ale LIA

Genunchiul este o articulație sinovială, cu suprafețe articulare necongruente, compusă din articulația femuro-tibială (bicondilară) și articulația patelo-femurală (ginglym) și conectează femurul, tibia și rotula.

Articulația genunchiului joacă un rol important în absorbția șocurilor și în stabilitatea membrului inferior. Potrivit lui Dolton (1982) „genunchiul este un valet supus la doi stăpâni: șoldul și piciorul", ceea ce înseamnă că genunchiul este supus atât solicitărilor mecanice ale piciorului, care vin de la sol, cât și solicitărilor șoldului. Această articulație trebuie să fie în același timp stabilă și mobilă. Stabilitatea funcțională este asigurată de geometria suprafețelor articulare, de un sistem capsulo-ligamentar pasiv și de un sistem muscular activ. Există un „joc" articular fiziologic care combină translația și rotația, care depinde în principal de gradul de flexie a genunchiului. Genunchiul este blocat în extensie și deblocat imediat ce începe flexia. Jocul fiziologic anterior și în rotație crește odată cu gradul de flexie a genunchiului.

Ligamentul încrucișat anterior împreună cu ligamentul încrucișat posterior (LIP) formează sistemul axial al genunchiului, care reprezintă pivotul central; LIA este considerat "inima" pivotului central al genunchiului.

Pivotul central, împreună cu sistemul ligamentar periferic format din ligamentul colateral fibular, ligamentul colateral tibial (ajută la combaterea valgusului fiziologic) și cu ligamentul colateral lateral asigură stabilizarea pasivă a genunchiului. Una dintre funcțiile LIA este de a menține contactul între suprafețele articulare ale tibiei și femurului.

Ligamentele încrucișate sunt acoperite de un pliu sinovial bogat vascularizat. LIA este mai puțin vascularizat decât LIP. Există o zonă nevascularizată în 1/3 din mijlocul ligamentului încrucișat anterior. Inserțiile osoase ale ligamentelor nu sunt, de asemenea, vascularizate. De fapt, ligamentele încrucișate nu primesc nicio vascularizare osoasă.

Din punct de vedere istoric, ligamentul încrucișat anterior a fost descris pentru prima dată în anul 3.000 î.HR. de către Claudius Galen (130 - 210 d.Hr.). Acesta a prezentat „ligamenta genu cruciate" ca fiind format dintr-un singur fascicul, pentru ca în anul 1836, Weber and Weber să descrie două fascicule, respectiv anteromedial și posterolateral, fiecare

dintre acestea având un rol specific în ghidarea mișcărilor de rostogolire/alunecare ale condililor femurali pe platourile tibiale.

Fasciculul anteromedial este tensionat în flexia și extensia genunchiului și controlează translația/alunecarea anterioară a tibiei (sertarul anterior) în timpul acestor două mișcări. Fasciculul anteromedial este încărcat progresiv. Sarcina maximă suportată de acesta are loc între 60° și 90° de flexie. În general, acest fascicul suportă 40% din sarcină în extensie și 45% în flexie, cu puține variații datorate naturii sale izometrice (Lustig și colab., 2013).

Fasciculul posterolateral este tensionat în timpul extensiei. Acesta joacă un rol în controlul rotației, în special al rotației interne; se opune translației posterioare (sertarul posterior). Aceste acțiuni sunt fundamentale pentru stabilitatea articulației și contracarează tensiunile generate de mușchii lungi (cvadricepsul, de exemplu) și de reacțiile solului.

În general, cele mai mari forțe măsurate în LIA sunt dezvoltate la unghiuri mai mici de 30°. Acest lucru înseamnă că este supus unei tensiuni mai mari, când genunchiul este aproape de extensie. În timpul mersului, sarcina maximă asupra LIA are loc când genunchiul se află între 15° și 20° de flexie (Marieswaran și colab., 2018).

Din analiza parametrilor anatomici ai LIA, efectuată de diverși specialiști, s-a constat că acest ligament măsoară în medie 32 de milimetri (mm), dar dimensiunea sa scade odată cu unghiul de flexie a genunchiului, atunci când nu se aplică nicio tensiune și este maximă când genunchiul este în extensie asociată cu translația anterioară a tibiei. Lățimea LIA măsoară între 4 și 10 mm, iar suprafața secțiunii sale transversale este triunghiulară și măsoară aproximativ 44 mm² în centru, iar la extremități se triplează. Forma sa de „clepsidră” joacă un rol esențial în absorbția forțelor cinematice (Irarrázaval, Albers, Chao, Fu, Gross, 2017; Marieswaran, Jain, Garg, Sharma, Kalyanasundaram, 2018). Aceste particularități anatomice ajută specialiștii să înțeleagă mecanismele de producere a rupturilor de LIA în timpul practicării unor activități sportive și nu numai.

3.2. Diferențe de gen privind dezechilibrele neuromusculare

Conform datelor furnizate de literatura de specialitate, riscul de accidentare a ligamentului încrucișat anterior este de 2 până la de 7 ori mai mare la femei, comparativ cu bărbații de aceeași vârstă. Există 4 dezechilibre neuromusculare la femei care nu se regăsesc la membrii sexului opus. Acestea sunt:

- ligamentul dominant: lanțul muscular posterior nu absoarbe suficiente forțe de reacție la sol, ca urmare, ligamentul trebuie să compenseze și se tensionează;

- dominanța cvadricepsului: cvadricepsul stabilizează genunchiul cu o implicare mai mică a lanțului posterior, ceea ce determină o alunecare anterioară a tibiei, realizată de LIA. Totodată, în timpul pubertății, forța musculară a coapsei crește mai mult la bărbați decât la femei.

- dominanța membrului inferior: prezența unui membru inferior dominant contribuie la crearea unor dezechilibre;

- dominanța trunchiului: centrul de masă al femeilor este mai înalt în raport cu solul decât cel al bărbaților, ceea ce duce la o capacitate redusă de a controla cu precizie trunchiul în toate cele trei dimensiuni ale spațiului. Ca urmare, dezechilibrele sunt amplificate de greutatea trunchiului și de lipsa controlului muscular.

Toate aceste particularități explică de ce riscul de lezare a LIA este mai mare la femei, comparativ cu bărbații (Littmann și colab., 2012).

3.3. Neuroplasticitatea după leziunea LIA

Neuroplasticitatea sau plasticitatea neuronală se referă la capacitatea sistemului nervos central de a se adapta ca răspuns la factori extrinseci sau intrinseci. Aceste adaptări pot implica modificări ale strategiilor cognitive generale, recrutarea unor circuite neuronale diferite, amplificarea sau reducerea implicării anumitor conexiuni sau zone cerebrale (Sharma și colab., 2013).

Sarcinile neurocognitive, cum ar fi cele care măsoară timpul de reacție, viteza de procesare, memoria vizuală și memoria verbală, sunt bine stabilite în literatura de neuropsihologie ca măsuri indirecte ale performanței cerebrale. Conștientizarea situației, starea de excitare și resursele atenționale ale individului pot influența aceste zone ale funcției neurocognitive, afectând integrarea complexă a informațiilor vestibulare, vizuale și somatosenzoriale necesare pentru controlul neuromuscular (Yong, 2018).

Cercetări mai recente au făcut legătura între neuroplasticitate și leziunile LIA încercând să explice de ce unii pacienți suferă de instabilitate funcțională repetitivă.

Diminuarea controlului neuromuscular, cum ar fi propriocepția, activarea musculară și reglarea rigidității articulare, par a fi dovezi indirecte ale adaptărilor/reorganizărilor neuronale care pot duce la instabilitate articulară funcțională persistentă și la complicații patologice viitoare. Mai grav este că diminuarea funcțiilor genunchiului și pierderea stabilității dinamice sunt observate nu numai la genunchiul accidentat, ci și la genunchiul

controlateral, la care LIA este încă intact, indiferent dacă este vorba de un mecanism de contact sau noncontact.

Lezarea LIA poate duce la dezaferentarea mecanoreceptorilor din genunchi și poate modifica sensibilitatea conectivității neuronale din cadrul sistemului nervos central (Yong, 2018). Această integrare senzorială diminuată între LIA lezat și SNC poate interfera cu procesarea neuronală normală asociată cu funcția neafectată a genunchiului (Kapreli & Athanasopoulos, 2006). Prin urmare, identificarea modificărilor neurofiziologice care pot fi asociate cu instabilitatea funcțională a articulației după o leziune a LIA este esențială pentru a preveni rupturile ligamentare recurente și pentru a dezvolta programe de reabilitare în vederea optimizării rezultatelor pacienților fără deficiențe clinice persistente.

CAPITOLUL 4. **ABORDĂRI TERAPEUTICE ÎN RECUPERAREA FUNCȚIONALĂ DUPĂ RECONSTRUCȚIA LIA**

4.1. Stadializarea recuperării funcționale postoperatorii

Recuperarea funcțională post intervenție chirurgicală de reconstrucție a ligamentului încrucișat anterior reprezintă un proces riguros, etapizat și fundamental în medicina sportivă, ortopedie și fizioterapie, obiectivul principal fiind restabilirea integrală a funcției genunchiului și prevenirea recidivelor.

Studii recente demonstrează că succesul unei intervenții chirurgicale nu depinde exclusiv de tehnica operatorie, ci în mare măsură de calitatea și consistența programului de recuperare. În literatura de specialitate regăsim faptul că eficiența recuperării nu este dictată strict de cronologia temporară, mai corect este să ne raportăm la atingerea unor criterii funcționale și biologice care sunt documentate prin studii științifice, conform unor ghiduri de practică clinică, aplicate la nivel internațional (*Aspetar*[1] *clinical guidelines for anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation, Moon ACL Rehabilitation Guidelines*).

Ghidul Aspetar, elaborat de spitalul cu același nume, din Doha – Quatar, se adresează pacienților aflați în timpul reabilitării după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior și investighează eficacitatea intervențiilor disponibile pentru kinetoterapeut, singure sau în

[1] Aspetar este un spital de vârf în tratarea și reabilitarea leziunilor sportive; este un loc pentru cercetări medicale de ultimă oră, unde au fost tratați unii dintre cei mai mari sportivi ai lumii. Dacă NASA are Centrul de Control al Misiunilor în Houston, Texas, lumea medicinei sportive are Aspetar. În 2014, Aspetar a fost recunoscut ca Centru de Cercetare al Comitetului Olimpic Internațional pentru prevenirea leziunilor și protecția sănătății sportivilor. FIFA l-a declarat centru medical de excelență în urmă cu 10 ani
https://www.bbc.com/sport/49109097

combinație (de exemplu, exerciții, modalități și criterii obiective de progresie). Intervențiile prin exerciții fizice ar trebui să fie considerate pilonul principal al reabilitării după reconstrucția LIA, cu toate acestea, există puține dovezi privind relația doză-răspuns între volumul și/sau intensitatea exercițiilor fizice și rezultate.

Așa cum se susține în ghid, modalitățile de terapie fizică pot fi utile ca adjuvant în faza incipientă a reabilitării atunci când sunt prezente durerea, umflăturile și limitări ale amplitudinii de mișcare. Adăugarea modalităților în faza incipientă poate permite începerea mai devreme, fără durere, a reabilitării prin exerciții fizice. Etape-cheie pentru reabilitare după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior presupun reînceperea antrenamentelor și reluarea alergării. Cu toate acestea, nu există dovezi privind criteriile de progresie sau de externare care ar trebui utilizate.

Ghidul Moon prezintă progresia recuperării/ faze, pe baza unor criterii funcționale.

În concluzie, protocoalele analizate (Aspetar, Moon) alături de alte studii (Brinlee și colab., 2022) converg spre o abordare etapizată, precisă, ghidată de criterii obiective și sincronizată cu etapele biologice ale grefei, iar decizia revenirii în sport trebuie să se bazeze pe criterii clinice și funcționale stricte, nu doar pe trecerea timpului postoperator.

Recuperarea eficientă după reconstrucția artroscopică a ligamentului încrucișat anterior necesită nu doar aplicarea unei scheme temporale, ci o evaluare constantă a statusului funcțional, muscular și psihologic, pentru o revenire sigură și durabilă la nivelul anterior de performanță.

4.2. Protocolul standardizat internațional: etape și exerciții-cheie

Recuperarea modernă este mai degrabă un concept multimodal, orientat spre criterii de progresie individuale, unde prioritare sunt vindecarea grefei și adaptarea încărcării astfel încât să menținem funcția neuromusculară prin reeducare biomecanică și neuromotorie.

În acest sens, concepte moderne precum reabilitarea funcțională precoce, antrenamentul neuromuscular, tehnologia izokinetică și abordările centrate pe criterii funcționale au înlocuit protocoalele rigide, cronologice.

Recuperarea este sistematizată în mai multe etape și subetape (Tabel 4.1), fiecare cu obiective și criterii specifice de progresie. Sistematizarea de mai jos a fost efectuată de noi, pe baza datelor oferite de ghidurile internaționale (Aspentar, Moon Protocol) și de protocoalele elaborate de către specialiști ai domeniului. Menționăm că duratele etapelor variază, deoarece au în vedere particularitățile clinice individuale. În protocoalele de

reabilitare, luarea deciziilor de trecere de la o etapă la alta se realizează pe baza progresiei funcționale și a rezultatelor la testările obiective.

Potrivit Giangarra și colab. (2017), protocoalele de reabilitare după intervenția de reconstrucție a LIA urmează direcții bine stabilite:

- obținerea mobilității complete și reducerea inflamației și a tumefierii articulației genunchiului;
- expunerea precoce la mișcare și recuperarea gradelor maxime de extensie;
- activarea musculaturii articulației genunchiului cu accent pe musculatura cvadricepsului și a ischiogambierilor;
- dozarea optimă a efortului articular astfel încât durerea și inflamarea genunchiului să nu genereze inhibiție musculară și ulterior atrofie;
- utilizarea exercițiilor în regim de lanț cinematic închis și lanț cinematic deschis conform etapelor postoperatorii pentru a reduce mișcările de forfecare la nivelul grefei;
- integrarea antrenamentului neuromuscular și proprioceptiv;
- etapizarea recuperării medicale conform criteriilor de progres ale ghidurilor internaționale;
- testarea în scopul certificării gradului de recuperare și posibilității de reintegrare în activitatea sportivă.

Tabel 4.1. Etapele și subetapele reabilitării post-reconstrucție LIA – obiective și criterii de progresie

Etape	Obiective	Criterii de progresie la următoarea etapă
I **0-2 săptămâni postoperator** **Imediat postoperator**	1. Redobândirea extensiei complete și a unei amplitudini articulare active de 90^0 2. Optimizare control muscular extensori 3. Reeducare mers 4. Management al durerii și inflamației	1. Cicatrice curată fără supurație 2. Capacitatea de a încărca membrul operat 3. 110^0 active de flexie 4. Flexia M.I. (SLR) fără sacade.
II **2-4 săptămâni postoperator** **Intermediar postoperator**	1. Redobândirea amplitudinii articulare complete 2. Dezvoltarea forței 3. Mers normal fără asistență	1. Amplitudine articulară completă 2. Durere și edem minim 3. Capabil să desfășoare ADL fără disconfort funcțional (control și forță) 4. Sprijin unipodal fără asistență
III **subetapa 1 imediată** **4-8 săptămâni postoperator** **Perioada de vulnerabilitate a grefei**	Evitarea activităților precum alergarea, pivotarea, săriturile sau schimbarea bruscă de direcție.	1. Genuflexiune cu încărcare bilaterală de la 0^0 la 60^0 2. Sprijin unipodal fără asistență peste 30s.
III **subetapa 2 tardivă** **8-12săptămâni postoperator** **Perioada de restabilire a echilibrului fiziologic**	1. Menținere amplitudine completă 2. Alergare fără durere 3. Desprinderi ușoare de la sol fără durere 4. Dezvoltarea forței musculare	1. Alergare fără durere sau edem 2. Desprindere de la sol fără durere sau edem (unipodal și bipodal) 3. Exerciții neuromusculare și de forță efectuate fără dificultate
IV **13-16 săptămâni postoperator** **De tranziție**	1. Alergare cu schimbare de direcție 2. Sărituri fără durere 3. Test funcțional săritură	1. Săritură pe înălțime maximă fără durere și instabilitate 2. Alergare în model de 8 la 75% din viteză maximă
V **17-21 săpt. postoperator** **Revenire în activitatea sportivă**	1. 85% din forța membrului sănătos 2. 85% din performanța de săritură 3. Antrenament specific sportului practicat fără durere	1. Fără probleme funcționale 2. Stabilitate în alergare, schimbare de direcție și săritură executate la viteză maximă. 3. 85% din valoarea testului de săritură față de membrul sănătos
VI **>21 săpt. postoperator** **Revenire la sport fără restricții**	90% parametrii evaluați ai membrului operat în comparație cu membru sănătos	

4.3. Recuperarea funcțională prin tehnologii moderne

În contextul actual al medicinei sportive, recuperarea funcțională după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior (LIA) nu mai poate fi concepută în absența tehnologiilor moderne care susțin evaluarea, tratamentul și monitorizarea progresului terapeutic. Evoluția reabilitării postoperatorii reflectă un salt calitativ semnificativ, de la protocoale empirice bazate pe cronologie, la intervenții personalizate, ghidate de date obiective și de feedback în timp real.

Integrarea sistemelor computerizate de tip Biodex, a antrenamentului cu restricția fluxului sanguin (BFR), a tehnologiilor de stimulare neuromusculară, precum și a aplicațiilor mobile a redefinit paradigmele terapeutice în reabilitarea genunchiului post-LIA. Aceste instrumente nu doar că sporesc eficiența exercițiilor, dar contribuie esențial la prevenirea recidivelor, la îmbunătățirea controlului neuromuscular și la accelerarea ligamentizării grefei.

Acest capitol analizează rolul acestor tehnologii în fiecare etapă a recuperării, evidențiind modul în care ele facilitează luarea deciziilor clinice, permit reabilitarea precoce și optimizează tranziția către reîntoarcerea sigură la activitatea sportivă. Prin prisma datelor validate științific, recuperarea modernă devine astfel un proces dinamic, multidisciplinar și profund adaptabil nevoilor individuale ale pacientului.

4.3.1 Sisteme computerizate (Biodex System4 PRO)

Utilizarea sistemelor izokinetice, precum Biodex System 4 PRO, a revoluționat procesul de reabilitare postoperatorie, permițând atât evaluarea obiectivă și precisă a parametrilor biomecanici, precum și personalizarea intervențiilor terapeutice prin exerciții alcătuite după reguli clare stabilite cu precizie matematică.

Dinamometrele computerizate oferă posibilitatea măsurării în regim izokinetic a forței musculare în diverse moduri de contracție: concentric, excentric și isometric, în funcție de stadiul recuperării.

Din punct de vedere al integrării acestor sisteme conform etapizării menționate în capitolele anterioare, în faza de protecție maximă (0–4 săptămâni), unitatea Biodex este folosită preponderent pentru mobilizare pasivă continuă (CPM) și pentru activarea controlată în regim de siguranță a cvadricepsului, în intervale sigure de mobilitate (40–90° flexie). Se pot integra concomitent și proceduri de electroterapie de tip stimulare neuromusculară în timpul sesiunilor, iar efortul pacientului poate fi monitorizat în timp real prin graficele generate de software-ul sistemului. În faza de protecție moderată (4–12 săptămâni), protocolul de mobilizare pasivă este înlocuit cu exerciții concentric-submaximale pentru cvadriceps și ischiogambieri, urmate de testări izokinetice la 12 săptămâni. Aceste testări oferă date cantitative și calitative despre momentul maxim al forței raportat la greutatea corporală și lucrul mecanic total.

În faza minimă de protecție (12–36 săptămâni), Biodex este utilizat pentru protocoale avansate de antrenament (Velocity Spectrum Protocols), cu seturi multiple și repetări variate,

incluzând și exerciții de tip concentric-excentric la viteze diferite. Se recomandă testări de validare la 6, 9 și 12 luni postoperator pentru a documenta progresul recuperării și pentru a ghida momentul reintegrării în activitatea sportivă.

4.3.2 Tehnologii avansate

Blood Flow Restriction

Această metodă inovativă presupune utilizarea unor manșete pneumatice aplicate pe membrele inferioare, care reduc parțial fluxul sanguin venos, menținând în același timp un flux arterial minim. Această restricție generează un stres metabolic crescut, activând căile anabolice de sinteză proteică și stimulând secreția hormonilor de creștere (GH) și a factorului de creștere asemănător insulinei (IGF-1), facilitând astfel procesele de hipertrofie musculară chiar și în condiții de solicitare mecanică redusă.

Utilitatea metodei BFR în recuperarea LIA:

- previne atrofia musculară în fazele incipiente postoperatorii, când sarcinile mecanice directe asupra articulației sunt limitate;
- stimulează creșterea forței și masei musculare (20–30% din 1RM);
- asigură controlul durerii și al edemului: studii recente au demonstrat că utilizarea BFR contribuie la reducerea durerii subiective și a edemului articular, favorizând recuperarea mai rapidă a mobilității (Hughes și colab., 2019).
- poate fi integrat atât în faza acută de reabilitare (primele 6 săptămâni), cât și în fazele avansate, pentru creșterea performanței musculare.

Integrare în practica clinică: Metoda BFR poate fi combinată cu antrenamente de forță în etapa a III-a (6–12 săptămâni) și cu exerciții pliometrice în etapa IV (>12 săptămâni) pentru maximizarea adaptărilor neuromusculare. Utilizarea concomitentă a electrostimulării neuromusculare (NMES) în primele săptămâni postoperator poate completa efectele benefice ale BFR asupra activării musculare.

Precauții și contraindicații:

- contraindicat la pacienții cu patologie cardiovasculară severă sau istoric de tromboză;
- necesită utilizarea echipamentului adecvat și supravegherea unui cadru medical instruit;
- se recomandă monitorizarea atentă a semnelor de disconfort excesiv, edem sau modificări neurovasculare la nivelul membrului tratat.

Integrarea antrenamentului cu restricția fluxului sanguin în planul terapeutic oferă avantaje considerabile în recuperarea postoperatorie a pacientului cu LIA, facilitând o revenire mai rapidă la nivelurile optime de funcționalitate musculară și reducând timpul de recuperare global.

4.4 Alte abordări terapeutice

4.4.1 Abordări conservatoare - indicații și limite

Abordările conservatoare rămân o alternativă viabilă la tratamentul chirurgical în cazul leziunilor LIA, mai ales la pacienții cu un nivel redus de activitate fizică sau cu contraindicații pentru intervenția chirurgicală. Indicațiile includ pacienți vârstnici, pacienți cu instabilitate funcțională minoră sau cei cu patologii asociate care contraindică anestezia generală (Buckthrope și colab., 2024).

Tratamentul conservator presupune:

- kinetoterapie axată pe întărirea musculaturii cvadricepsului și ischiogambierilor, cu utilizarea de aparate precum leg press la unghiuri de flexie sigure ($30\text{-}60^0$);
- antrenamente proprioceptive intense pe plăci de echilibru și BOSU pentru creșterea stabilității articulare;
- utilizarea ortezelor funcționale în activități cu risc de instabilitate;
- consiliere psihologică pentru depășirea fricii de recidivă (kinesiophobia) și utilizarea scalei ACL-RSI pentru evaluarea disponibilității mentale de revenire la activitate;
- evaluări periodice cu teste de stabilitate și forță (testul Lachman, Pivot Shift, Y-Balance Test).

Limitări: există riscul de instabilitate cronică, apariția leziunilor meniscale secundare și instalarea precoce a osteoartritei. Pacienții activi sportiv sunt candidați mai puțin potriviți pentru această abordare, existând un risc crescut de recidivă (Van Grinsven și colab., 2010).

4.4.2 Intervenții chirurgicale – tehnici clasice și moderne

Abordările conservatoare în leziunile de ligament încrucișat anterior (LIA) reprezintă o opțiune terapeutică validă pentru anumiți pacienți, fiind susținute de protocoalele moderne bazate pe criterii funcționale și individualizate. Ele sunt recomandate în special în cazul:

- pacienților vârstnici sau sedentari;
- persoanelor cu nivel scăzut de activitate sportivă;
- pacienților cu instabilitate articulară redusă;

- pacienților cu contraindicații medicale pentru intervenții chirurgicale.

Conform studiului sistematic publicat în *IJHMR* (2025), tratamentul conservator poate include exerciții de întărire musculară (în special ale cvadricepsului și ischiogambierilor), antrenamente de propriocepție, utilizarea ortezelor, precum și educație terapeutică privind controlul neuromuscular și prevenția instabilității (Calheiros și colab, 2025).

Avantajele acestei abordări includ evitarea riscurilor chirurgicale, reducerea costurilor și posibilitatea de a menține funcționalitatea în absența instabilității semnificative. Cu toate acestea, studiile arată că riscul de instabilitate cronică și de apariție a leziunilor meniscale sau a osteoartritei precoce este mai mare în lipsa unei reconstrucții ligamentare (Van Grinsven și colab., 2010; Devismes și colab., 2021).

Este esențială selecția atentă a pacienților, iar succesul acestei abordări depinde în mare măsură de aderența la un program de reabilitare ghidat, supervizat și individualizat, cu evaluări funcționale periodice. Scorurile funcționale precum IKDC și KOOS trebuie utilizate pentru a monitoriza progresul și a decide oportunitatea continuării sau escaladării terapiei.

Chirurgia reconstructivă a ligamentului încrucișat anterior s-a perfecționat considerabil în ultimele două decenii. Scopul principal este restabilirea stabilității articulației genunchiului și prevenirea leziunilor secundare. Alegerea tehnicii chirurgicale este dictată de particularitățile pacientului (vârstă, nivel de activitate, anatomie) și de eventualele proceduri asociate (meniscectomie, corecții axiale etc.).

Tehnici chirurgicale clasice

- *Reconstrucția cu autografă* – fie cu tendon patelar (BTB – Bone-Patellar Tendon-Bone), fie cu semitendinos/gracilis (ST/G).
- *Fixări transosoase* sau cu șuruburi de interferență;
- *Tunelizare femuro-tibială standard.*

Tehnici chirurgicale moderne (tabel 4.2)

Tabel 4.2. Tehnici chirurgicale moderne – beneficii și dezavantaje

Tehnica	Beneficii	Dezavantaje
Reconstrucția anatomică dublu fasciculară	- Restaurare completă a stabilității articulare; - Reduce instabilitatea rotatorie; - Risc scăzut de recidivă; - Recomandată sportivilor de performanță.	- Procedură complexă; - Timp operator prelungit; - Risc de confluență a tunelurilor; - Necesită experiență ridicată.
Augmentarea cu Internal Brace	- Protecție suplimentară a grefei în faza vulnerabilă; - Permite reabilitare precoce; - Reduce alungirea grefei; - Facilitează întoarcerea rapidă la sport.	- Costuri ridicate; - Necesită tehnică chirurgicală avansată; - Risc de compresie excesivă a grefei dacă nu este aplicat corect.

Utilizarea Alografelor	- Intervenție mai puțin invazivă; - Disponibilitate mare a grefelor; - Rcomandată pacienților cu contraindicații pentru autografă.	- Integrare biologică mai lentă; - Risc de respingere imunologică; - Risc rezidual de transmitere a infecțiilor (foarte scăzut).
Chirurgia asistată computerizat sau robotic	- Precizie milimetrică a poziționării grefei; - Feedback intraoperator în timp real; - Reduce riscul de malpoziție; - Recuperare mai rapidă și sigură.	- Costuri foarte mari; - Necesită echipamente specializate și personal instruit; - Disponibilitate limitată.

Perspective actuale și recomandări

Decizia asupra tehnicii chirurgicale ar trebui susținută de o evaluare biomecanică preoperatorie, scoruri clinice funcționale și factori psiho-sociali. Tehnologiile precum analiza tridimensională a mișcării, platformele de presiune plantară și evaluările neurofuncționale (EMG, biofeedback) sunt tot mai des utilizate în planificarea intervenției și în stabilirea criteriilor de reabilitare postoperatorie (Calheiros și colab., 2025).

În plus, utilizarea *plasmei îmbogățite cu trombocite (PRP)* și a *materialelor bioactive* pentru stimularea ligamentizării a crescut în popularitate, cu rezultate promițătoare în accelerarea vindecării grefei și reducerea inflamației postchirurgicale (Papadopoulos și colab., 2021).

Capitolul 5. **CONCLUZII PARTEA I**

Leziunea ligamentului încrucișat anterior este frecventă și invalidantă în rândul sportivilor și poate surveni atât în urma unor mecanisme de contact, cât și al unor mecanisme fără contact, având o incidență relativ ridicată în sporturile care implică un contact deliberat.

Relația dintre gradul de contact inerent unui sport și riscul de leziune a LIA nu este clară, în special când se include sexul ca variabilă; nu este clar dacă există o diferență între sexe în ceea ce privește incidența leziunilor LIA atâta timp cât incidența se stratifică și în funcție de tipul de sport (sporturi de contact, cu contact complet, contact limitat și fără contact).

Tratamentul adecvat al leziunilor ligamentului încrucișat anterior rămâne controversat, în ciuda anilor de cercetări intensive, fundamentale și clinice. Reconstrucția chirurgicală a unui LIA rupt este frecventă, iar programele de reabilitare eficiente sunt necesare atât pentru persoanele cu deficiență de LIA, cât și pentru cele care au suferit o reconstrucție a acestuia**.**

Rezultatul intervențiilor terapeutice ține nu doar de gravitatea leziunii LIA, ci și de eventuale leziuni asociate ale structurilor anatomice de la nivelul genunchiului, respectiv

leziuni ale altor ligamente ale genunchiului, rupturi ale meniscurilor medial și lateral și leziuni ale cartilajului articular.

Recuperarea funcțională după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior reprezintă un domeniu în continuă evoluție, aflat la intersecția dintre biomecanică, neurofiziologie și tehnologie medicală avansată. Programele de reabilitare trebuie monitorizate de un kinetoterapeut.

Analiza etapizată a procesului de reabilitare evidențiază necesitatea respectării unei stadializări clare, bazate pe criterii funcționale, care să corespundă dinamicii biologice de vindecare a grefei. În acest sens, trecerea de la un model cronologic, la unul centrat pe progresie individualizată este nu doar justificată, ci și esențială pentru prevenirea complicațiilor și optimizarea rezultatelor funcționale.

Integrarea tehnologiilor moderne, precum sistemele computerizate izokinetice (Biodex), tehnologia BFR, electrostimularea neuromusculară, au adus un plus de valoare în evaluarea obiectivă a progresului pacientului și în personalizarea strategiilor terapeutice. Aceste instrumente permit nu doar monitorizarea în timp real, ci și adaptarea promptă a programelor de exerciții în funcție de răspunsul biologic și biomecanic al pacientului.

Evaluarea abordărilor conservatoare și chirurgicale subliniază faptul că nu există o soluție universală pentru toți pacienții. Tratamentul conservator rămâne valid în anumite contexte clinice, dar are limite importante în fața solicitărilor funcționale ridicate. În schimb, tehnicile chirurgicale moderne – de la reconstrucția anatomică, la utilizarea chirurgiei asistate robotic – oferă soluții avansate, adaptate cerințelor biomecanice ale genunchiului. Acestea contribuie nu doar la refacerea stabilității articulației, ci și la reducerea recidivelor și la o recuperare funcțională sustenabilă.

Reabilitarea post-LIA necesită o abordare complexă, multidisciplinară, care îmbină fundamentele biologice ale vindecării ligamentare cu progresul tehnologic și cu expertiza clinică. Personalizarea tratamentului, integrarea evaluărilor obiective și utilizarea etapizării funcționale sunt elementele cheie pentru asigurarea unei recuperări complete, durabile și sigure. Astfel, pacientul post-LIA este astăzi tratat nu doar în funcție de o leziune, ci în contextul unei strategii terapeutice adaptative și bazate pe dovezi.

PARTEA A II-A

REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ PRIN PROTOCOALE BAZATE PE MIJLOACE CLASICE VERSUS TEHNOLOGII MODERNE APLICATE ÎN RECONSTRUCȚIA LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR PRIN TEHNICI MINIM INVAZIVE

Studiul I

STUDIU PRIVIND UTILIZAREA PROTOCOLULUI BAZAT PE MIJLOACE CLASICE ÎN RECUPERAREA SPORTIVILOR CU RECONSTRUCȚIE ARTROSCOPICĂ A LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR

Capitolul 6. CADRUL GENERAL DE ORGANIZARE ȘI DESIGNUL STUDIULUI

6.1. Scop

Scopul cercetării constă în identificarea efectelor aplicării unui protocol de recuperare ce include mijloace clasice, convenționale specifice și nespecifice kinetoterapiei, aplicat unor practicanți ai jocurilor sportive care au suferit o intervenție chirurgicală la nivelul genunchiului, cauzată de ruptura LIA și rezolvată prin ligamentoplastie artroscopică.

Aceste informații vor fi comparate cu efectele pe care le vom constata în următorul studiu în care vom asocia tehnologii moderne asistate computerizat în recuperarea aceleiași patologii. Astfel, vom putea pune la dispoziția specialiștilor protocoale de recuperare cu eficiență dovedită prin studii recente.

6.2. Premisele cercetării

Premisele de la care am pornit în realizarea acestui demers științific sunt:

- leziunile LIA influențează biomecanica genunchiului și activarea mușchilor extensori ai acestei articulații;
- programele de recuperare corect întocmite și aplicate postchirurgical sportivilor, cât mai repede după reconstrucția LIA, pot facilita revenirea la practicarea aceluiași sport, la același nivel de intensitate;
- evaluarea rezultatelor procesului de recuperare trebuie să se bazeze pe tehnici rafinate, capabile să surprindă în detaliu progresul înregistrat de pacienți;
- kinetoterapeuții trebuie să-și sporească eforturile pentru a facilita un angajament cognitiv mai mare al sportivilor, în timpul efectuării exercițiilor terapeutice, în vederea restabilirii unei amplitudini articulare mai bune și sincronizării activării controlului neuromuscular neafectat.

6.3. Obiectivele cercetării

Principalele obiective ale acestui studiu sunt următoarele:

- crearea / dezvoltarea bazei de date referitoare la posibilitățile de recuperare funcțională a genunchiului după ruptura totală a LIA, tratată artroscopic, prin reconstrucție cu alografă de ischiogambieri;
- evidențierea efectelor protocolului de recuperare bazat pe mijloace clasice convenționale specifice și nespecidfice, aplicat unor sportivi de performanță care au suferit o ruptură totală de LIA operată.

6.4. Sarcinile cercetării

În vederea desfășurării în bune condiții a studiului am stabilit următoarele sarcini:

- documentarea prin care am analizat informațiile referitoare la tema abordată prezentate într-o multitudine de studii/articole/cărți elaborate la nivel național și internațional;
- organizarea cercetării în acord cu standardele generale și în baza etapelor și metodelor de cercetare;
- stabilirea participanților la cercetare pe baza consimțământului informat și a criteriilor de includere stabilite anterior;
- selectarea testelor și /sau probelor de evaluare ;
- evaluarea inițială a participanților la cercetare;
- elaborarea protocolului de lucru și aplicarea acestuia conform particularităților subiecților;
- evaluarea finală a participanților la cercetare;
- centralizarea și prelucrarea statistico-matematică a rezultatelor obținute;
- formularea concluziilor cu privire la rezultatele obținute, ca efect al protocolului de recuperare aplicat.

6.5. Ipoteza cercetării

Aplicarea unui protocol clasic de recuperare, constând dintr-un program de exerciții fizice asociat cu stimulare electrică și crioterapie, asigură reluarea activităților sportive fără restricții după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior prin tehnici minim invazive.

6.6. Metodele de cercetare

Studiul de față este realizat cu scopul de a constata și evalua beneficiile protocolului clasic de recuperare asupra sportivilor care au suferit ligamentoplastia LIA, după rupturi ale acestuia rezolvate chirurgical prin tehnici minim invazive, din perspectiva recuperării amplitudinii de mișcare, a forței totale și a revenirii în activitatea fizică anterioară, fără restricții. Cercetarea are un caracter practic și se bazează pe metodele și demersurile științifice prezentate în continuare.

- ***Metoda studiului***
- ***Metoda experimentală***
- ***Metoda observației***
- ***Metoda anchetei***
- ***Metoda statistico-matematică***
- ***Metoda grafică***

6.7. Organizarea și desfășurarea studiului

Studiul a fost realizat în două clinici medicale private, respectiv „Nord Docenților" și „Centrul de Diagnostic și Tratament Provita", care au în dotare echipamente moderne de evaluare și recuperare și în cadrul cărora, în perioada respectivă, mi-am desfășurat activitatea în calitate de kinetoterapeut.

Având în vedere faptul că subiecții sunt sportivi de performanță, intenția noastră a fost ca, în această fază a demersului nostru științific, să experimentăm efectele protocolului de intervenție, bazat pe mijloace convenționale pentru ca aceștia să își poată relua diferitele activități sportive practicate înainte de producerea nefericitului eveniment critic suferit, respectiv ruptura totală de LIA.

6.8. Participanții la cercetare și locul desfășurării cercetării

Studiul a inclus un număr de 15 subiecți de sex masculin și feminin, cu vârste cuprinse între 20 și 35 de ani, sportivi de performanță, practicanți ai jocurilor sportive (fotbal, baschet și handbal) diagnosticați cu ruptură totală de ligament încrucișat anterior. Grupul experimental a fost constituit pe baza unor criterii de includere, respectiv de excludere, după cum urmează:

Criterii de includere:

- vârsta cuprinsă între 20 și 35 ani;
- leziune izolată LIA;
- leziune recentă;
- maximum 1 săptămână de la intervenția chirurgicală;
- fără patologii secundare;
- vechime în sport minimum 5 ani.

Criterii de excludere:

- leziuni asociate la nivelul genunchiului (ligamentare sau osoase) ;
- deformări ale genunchilor (genu varum; genu valgum) ;
- reconstrucție anterioară eșuată a LIA ;
- patologii secundare.

Participarea subiecților la studiul nostru s-a realizat pe baza consimțământului informat al acestora.

Sportivii au fost interesați să fie supuși protocolului nostru de intervenție terapeutică deoarece doreau să revină cât mai rapid la activitatea sportivă anterioară reconstrucției LIA.

6.9. Etapele cercetării

Acest studiu s-a desfășurat în perioada iunie 2022-iunie 2023 și a cuprins următoarele etape:

Etapa 1: documentarea prin care am încercat să-mi alcătuiesc protocolul de recuperare prin consultarea celor aplicate în diverse centre de recuperare a patologiei studiate;

Etapa 2: constituirea grupului experimental pe baza unor criterii de includere și de excludere;

Etapa 3: selecția testelor/probelor de evaluare;

Etapa 4: stabilirea protocolului de intervenție terapeutică ce a constat din combinații de exerciții fizice, electroterapie și crioterapie, deci bazat pe mijloace convenționale;

Etapa 5: aplicarea acestui protocol participanților selectați, pentru reeducarea funcțională a genunchiului post-ligamentoplastie LIA prin autografă, operați prin tehnici artroscopice; efectuarea evaluărilor inițiale;

Etapa 6: evaluarea nivelului funcțional dobândit de participanții la studiu și a posibilității de revenire la activitățile sportive anterioare, la sfârșitul perioadei de intervenție terapeutică (evaluări finale); analiza rezultatelor și prelucrarea statistică.

Rezultatele au fost comparate intragrup.

6.10. Evaluarea participanților la studiu

Evaluarea s-a efectuat în dinamică, înainte de instituirea programului de recuperare prin asocieri de mijloace convenționale (program kinetic clasic + electroterapie + crioterapie) și după finalizarea perioadei convenționale de aplicare a intervenției terapeutice. Pentru evaluarea participanților la studiu am utilizat tehnologii moderne, respectiv echipamentul computerizat izokinetic Biodex System 4 Pro.

Evaluarea cu echipamentul Biodex System 4 Pro a oferit date concrete și obiective cu privire la forța musculară dezvoltată de musculatura genunchiului (flexie/extensie), dar și referitoare la amplitudinea cu care s-au desfășurat mișcările la nivelul acestei articulații. Am obținut rapoarte grafice care ne-au ajutat să apreciem evoluția sub tratament. Evaluarea inițială s-a efectuat la 1 lună după ligamentoplastie, când a fost permisă tensionarea grefei ligamentare și la finalul perioadei de aplicare a protocolului de reeducare funcțională (după 21 de săptămâni).

Evaluarea a fost precedată de informarea pacientului cu privire la modul de funcționare al dinamometrului, protocolul de testare și la sarcinile pe care trebuie să le îndeplinească în timpul testării.

Noi am avut responsabilitatea de a introduce în sistemul de operare Biodex datele de identificare ale subiectului, date antropometrice și alte informații, după cum urmează: numele complet, genul, data prezentării în centrul de recuperare, diagnosticul, membrul afectat, greutatea și înălțimea. (Fig. 6.1 Soft Biodex).

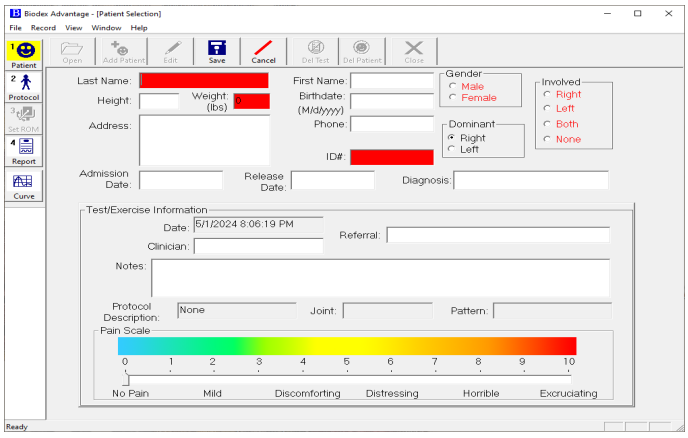


Fig. 6.1 Soft Biodex

Ulterior, am creat protocolul de testare (fig. 6.2). individualizat în funcție de faza programului de recuperare, gradul de durere și indicația chirurgicală. Au fost setate: viteza de testare, numărul de serii și cel al repetărilor. Pentru evaluarea articulației genunchiului se

utilizează o rezistență variabilă ce permite analiza comportamentului biomecanic al articulației la viteze cuprinse între 60^0 și 300^0 /secundă. Viteza de 60^0/s este posibilă datorită unei rezistențe mari exercitate de aparat și generează date cu privire la forța totală dezvoltată de subiect, iar viteza de 300^0/s. corespunde unei rezistențe minime exercitată de aparat și generează date cu privire la capacitatea de anduranță a sistemului mio-articular.

Informațiile oferite subiectului sunt esențiale și au impact direct asupra rezultatelor testării, deoarece dacă el nu înțelege sarcina pe care trebuie să o realizeze, valorile testelor devin irelevante, influențând coeficientul de variație al testului. Cu cât coeficientul de variație afișat de aparat este mai mare, cu atât au existat mai multe diferențe de la o repetare la cealaltă, deci raportul de forțe este eronat.

În momentul testării, subiectul trebuie să efectueze mișcări de flexie și extensie a gambei pe coapsă, cu o forță maximală, asupra suportului fixat pe treimea distală a tibiei. De la punctul de flexie maximă, pe toată amplitudinea de mișcare (ROM), până la punctul de extensie maximă și înapoi până în punctul inițial.

Brațul dinamometrului este poziționat în treimea proximală a tibiei pentru a diminua forțele de forfecare asupra articulației și implicit asupra ligamentului.

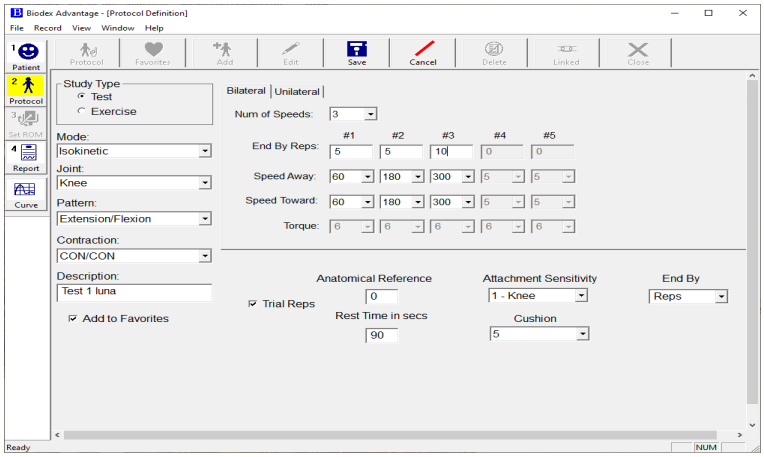


Fig. 6.2 Protocol testare

Conform protocolului de testare a membrului inferior se procedează astfel:

1. se atașează extensia pentru evaluarea genunchiului, se orientează dinamometrul la unghiul de 90^0; înclinarea și înălțimea sunt la nivelul 0;
2. din soft-ul aparatului (fig. 6.1) se selectează subiectul înregistrat în prealabil, protocolul de testare și se urmează indicațiile pentru determinarea amplitudinii de mișcare, a greutății membrului de testat și se stabilește poziția neutră în raport cu forța gravitațională;

3. subiectul este poziționat pe scaunul dispozitivului; se ajustează adâncimea spătarului, înălțimea scaunului, poziția acestuia față de unitatea centrală a dinamometrului, lungimea extensiei pentru membrul inferior, astfel încât axul biomecanic al genunchiului pentru mișcarea de flexie/extensie, să coincidă cu axul central al dinamometrului;
4. după finalizarea acestor demersuri, subiectul este securizat în scaunul aparatului cu ajutorul a 4 curele, pentru a izola mișcările compensatorii și a permite raportarea strictă la mișcările efectuate cu membrul inferior testat.

Etapa testării funcționale este precedată de etapa de pregătire pentru efort, în cadrul căreia subiectul efectuează 5 repetări ale mișcărilor de flexie/extensie pentru acomodare, urmate de o pauză cu o durată stabilită de pacient.

Testarea propriu-zisă constă din 5 sau 20 repetări ale mișcărilor de flexie și extensie, efectuate cu toată forța, la un ritm constant, în funcție de viteza și faza de testare programată. Sistemul computerizat raportează parametrii mișcării efectuate atât numeric, cât și grafic.

6.11. Protocolul de intervenție terapeutică aplicat

În urma analizei procesului de recuperare al pacienților diagnosticați cu ruptură de LIA care au suferit o intervenție artroscopică pentru reconstrucția acestuia cu alografă de ischiogambier, am constatat că, la nivel național, nu există indicații clare, sub formă de ghid sau protocol, întregul proces de reabilitare funcțională fiind ghidat de către medicul de recuperare sau în unele cazuri, în baza unor recomandări din partea medicului ortoped. În schimb, pe plan internațional, există o multitudine de recomandări cu privire la etapele pe care un subiect cu reconstrucție de ligament încrucișat anterior trebuie să le parcurgă, astfel încât să se poată recupera și reintegra în activitatea sportivă.

Protocolul de reabilitare propus de noi este bazat pe ultimele studii apărute în domeniu, atât pe plan național, cât și internațional și are ca scop verificarea încadrării recuperării în etapele prevăzute de ghidurile internaționale privind posibilitatea de reluare a activităților sportive anterioare reconstrucției LIA, fără restricții, prin redobândirea funcției biomecanice a genunchiului.

Pentru managementul durerii și al inflamației, în prima lună am utilizat la finalul ședințelor de recuperare, *crioterapie și compresie cu aparatul Game Ready 20 min.*

Pentru recuperarea forței musculare, am utilizat pe parcursul ședințelor de reabilitare *curenți cu efect de stimulare a musculaturii*, cu frecvență de 50 de Hz, pentru o perioadă de 20 min. în prima parte a ședinței de reabilitare funcțională. Intensitatea a fost crescută

progresiv, până la apariția fasciculațiilor musculare vizibile și până la pragul maxim de sensibilitate al pacientului.

Revenirea la sport (RTS) după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior este o decizie complexă care implică diverse criterii obiective, inclusiv teste izokinetice.

Din punct de vedere al duratei după care sportivii sunt propuși pentru RTS, aceasta este stabilită la 6-12 luni după operație, dar termenele mai conservatoare sugerează o durată de până la 9-12 luni pentru a reduce riscul de reaccidentare.

Totodată este necesară atingerea unor repere specifice de forță și funcționalitate pentru RTS. Sportivii care revin la sport și nu îndeplinesc toate criteriile au un risc semnificativ mai mare de reaccidentare.

Indicatori monitorizați cu dinamometrul izokinetic

„Peak Torque" (Momentul maxim al forței) - reprezintă valoarea maximă a forței generată de musculatura unei articulații în timpul unui test izokinetic; se exprimă în Nm și este echivalentul forței absolute sau a unei repetări maximale (1 RM) într-un regim izotonic.

Valorile crescute ale parametrului Peak Torque sunt asociate cu o funcționalitate mai bună și o capacitate sporită de a efectua activități fizice. Acest parametru este crucial pentru evaluarea capacității musculare și a funcționalității articulației. Sportivii ar trebui să atingă o simetrie de cel puțin 90 % în ceea ce privește momentul maxim, atât pentru cvadriceps, cât și pentru ischiogambieri, în comparație cu membrul sănătos la diferite viteze (de obicei 60°/s și 180^0/s).

„Total Work" (Forța totală) - reprezintă suma forțelor generate de musculatură pe parcursul întregului ciclu de mișcare. Este o măsură a capacității musculare totale și a rezistenței la efort.

Cercetările recente evidențiază corelația dintre valori crescute ale forței totale și o recuperare eficientă, indicând o rezistență mai bună și o capacitate de efort optimizată. La fel ca în cazul momentului maxim, forța totală ar trebui să atingă, de asemenea, o simetrie de cel puțin 90% între membre. Acest lucru constituie o metodă obiectivă de certificare a capacității genunchiului operat de a face față cerințelor fizice ale sportului și de reducere a riscurilor de reaccidentare prin respectarea unei perioade post-operatorii adecvate.

„ROM" (Amplitudinea de mișcare) este un parametru fundamental în evaluarea articulațiilor, reprezentând intervalul de mișcare dintre poziția maximă de flexie și poziția maximă de extensie a unei articulații. ROM măsoară mobilitatea articulară într-un anumit plan de mișcare și este crucial pentru evaluarea funcțională a sistemului musculo-scheletal.

Acest parametru este utilizat pentru a determina flexibilitatea, sănătatea articulațiilor și capacitatea funcțională generală. Evaluarea precisă a ROM ajută la diagnosticarea, monitorizarea și tratarea diverselor afecțiuni musculo-scheletice și este exprimată în grade.

„Peak TQ/BW" (Peak Torque/Body Weight) - reprezintă momentul maxim al forței raportat la greutatea corporală, oferind o măsură a forței relative și a capacității musculare în raport cu masa corporală și este exprimat ca procent din momentul maxim al forței în raport cu greutatea corporală a subiectului. Această valoare este relevantă și semnificativă pentru activitatea funcțională. Valoarea raportului ar trebui să se încadreze într-un anumit interval, care variază în funcție de aparat, viteză, articulație, sex, vârstă și atitudine.

Valorile crescute ale acestui parametru constituie unul dintre cei mai buni indicatori cu privire la eficiența protocolului de reabilitare.

În momentul în care este permisă tensionarea grefei din punct de vedere fiziologic, mai exact după o lună și ulterior după 21 săptămâni de la aplicarea protocolului de recuperare, care a reunit exclusiv mijloace clasice, conform ghidurilor internaționale, toți participanții la studiu au fost testați cu dinamometrul izokinetic Biodex system 4 PRO.

Am urmat protocolul specific testării cu acest echipament computerizat și am evaluat performanțele motrice ale subiecților la viteze de: 60^0/s (5 repetări), 180^0/s (5 repetări) și 300^0/s (10 repetări).

Din multitudinea parametrilor măsurabili, am utilizat în cercetarea noastră pe cei obținuți la viteza de 60^0/secundă; datele recoltate au vizat forța totală a mușchilor flexori și extensori ai genunchiului, momentul maxim al forțelor acestora și amplitudinile de mișcare.

6.12. Rezultatele cercetării

Participanții la studiu au fost evaluați la nivelul membrului inferior afectat (genunchi) atât înainte de aplicarea programului de recuperare (măsurători inițiale, abreviate IA), cât și la finalul etapei de recuperare (măsurători finale, abreviate FA). Fiind segmente simetrice, la finalul studiului, am efectuat aceleași măsurători și la nivelul membrului inferior sănătos, pe care le-am abreviat cu FS. La nivelul membrului inferior afectat am comparat valorile obținute la măsurătorile inițiale cu cele ale măsurătorilor efectuate după aplicarea programului de recuperare pentru a aprecia eficiența acestuia asupra grupului de subiecți. De asemenea, am comparat rezultatele finale ale parametrilor măsurați la nivelul membrului inferior afectat cu cele ale membrului inferior sănătos (considerat etalon pentru normalitatea

subiectului respectiv) pentru a aprecia dacă participanții la studiu au atins sau nu valorile normale, astfel încât să își poată relua în siguranță activitățile dinaintea accidentării.

Parametrii măsurați sau calculați cu echipamentul Biodex 4 Pro, au fost: amplitudinea de mișcare (Mișc), forța totală a mușchilor extensori și flexori ai articulației genunchiului (ForțaEx; ForțaFlex), momentul maxim al forței mușchilor extensori și flexori (PeakTQEx și PeakTQFlex), momentul maxim al forței mușchilor extensori și flexori raportat la greutatea corporală (PeakTQEx/G ;PeakTQFlex /G). Pentru o reprezentare mai condensată, momentul maxim al forței mușchilor extensori și flexori este trecut în unele tabele și grafice ca și cuplu de forță, atât în situația în care valorile se referă strict la acțiunea mușchilor respectivi, cât și în cazul raportării la greutatea corporală.

Procent recuperare medicală membru afectat versus sănătos

Tabel 6.38 Procent recuperare medicală membru afectat versus sănătos

	Rmisc %	RFortaEx %	RFortaFlex%	RPeakTQEx%	RPeakTQFlex%	RPeakTQEx/G%	RPeakTQFlex/G%
Pacient 1	95.24	104.79	80.88	82.72	86.15	65.48	86.14
Pacient 2	95.27	74.08	83.96	61.38	80.70	66.78	78.42
Pacient 3	90.87	64.17	78.32	76.49	86.48	83.07	86.47
Pacient 4	97.13	61.13	65.76	74.27	91.14	94.69	77.25
Pacient 5	92.86	87.73	81.81	77.28	72.47	74.58	75.17
Pacient 6	97.89	87.86	71.37	90.31	82.69	90.06	77.16
Pacient 7	94.80	83.81	79.36	90.15	95.71	90.11	95.71
Pacient 8	97.42	89.25	99.53	84.04	89.24	84.07	89.18
Pacient 9	89.39	78.74	83.25	79.38	85.87	65.65	88.30
Pacient 10	94.18	72.46	73.83	79.93	81.26	75.56	67.72
Pacient 11	93.24	95.76	89.46	85.23	84.87	77.03	84.89
Pacient 12	94.09	87.32	72.03	74.03	71.07	113.88	74.91
Pacient 13	94.92	72.74	74.87	60.16	88.66	86.96	81.68
Pacient 14	94.46	94.93	97.21	90.27	99.11	259.74	95.21
Pacient 15	97.89	90.14	90.14	87.57	69.25	101.69	94.81

Din Tabelul 6.38 se poate observa că procentul de recuperare a membrului afectat în comparație cu cel sănătos a fost în general mai mare de 80%. O parte dintre pacienți s-au recuperat în procent de 70-80% (galben). Puțini dintre aceștia s-au recuperat în procent de 60-70% (roșu). Există și câteva excepții pozitive: pacientul 1 a ajuns la o forță mai mare a extensorilor pe membrul afectat, față de cel sănătos (104.79); pacientul 12 a ajuns la un

moment al forței maxime a extensorilor membrului afectat/greutate corporală mai mare decât pentru cel sănătos (113.88); la fel s-a întâmplat și cu pacientul 14 (259.74) și pacientul 15 (101.69). Aceste excepții pot fi explicate prin electrostimularea membrului afectat, față de cel sănătos pe care nu s-a aplicat această procedură.

Procentul de recuperare a membrului inferior afectat dovedește faptul că peste 70% dintre subiecți (11) nu s-au recuperat complet în perioada administrării protocolului de recuperare, de unde rezultă că etapele recuperării sunt orientative și va trebui ca din punct de vedere temporal, să se țină cont de reactivitatea fiecărui subiect, practic de individualizarea terapiei.

Se semnalează faptul că starea clinică foarte bună este înșelătoare, deoarece recuperarea funcțională este incompletă, iar reluarea activităților sportive este contraindicată. Aceasta este greșeala pe care o fac atât sportivii, cât și antrenorii, care se grăbesc să revină în joc, ghidați numai de repere temporale ale fiecărei etape a recuperării, ceea ce predispune la recidive ale accidentării aceluiași membru inferior, dar și la leziuni ale membrului inferior controlateral.

6.13 Concluzii studiul 1

Protocolul de recuperare ce a reunit un program de exerciții fizice, elaborat pe baza sintezei obiectivelor pe etape ale protocoalelor internaționale, asociat cu stimulare electrică și crioterapie, aplicat sportivilor studiați, după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior prin tehnici minim invazive, ne-a permis desprinderea următoarelor concluzii:

1. *Amplitudinea articulară la nivelul genunchiului afectat* a înregistrat o creștere importantă între momentul inițial și cel final. Diferența dintre valorile măsurate este semnificativă statistic, nivelul de semnificație fiind foarte ridicat ($p=0.001 < 0.5$), ceea ce confirmă eficiența protocolului aplicat. Apreciată în raport cu membrul sănătos, diferența dintre amplitudinea de mișcare a acestuia și a membrului afectat la sfârșitul perioadei de recuperare este, de asemenea, semnificativă statistic, de unde rezultă necesitatea continuării tratamentului în vederea atingerii parametrilor necesari reluării fără restricții a activității sportive.

2. În privința *forței totale a extensorilor membrului afectat* măsurată între momentul inițial și cel final, diferența este statistic semnificativă ($p=0.001 < 0.5$) și se menține statistic semnificativă și comparativ cu forța totală a extensorilor membrului sănătos, la sfârșitul perioadei în care am aplicat protocolul bazat exclusiv pe mijloace convenționale.

3. Din prelucrarea statistică a rezultatelor privind forța totală a flexorilor membrului afectat se constată o diferență semnificativă statistic între valorile măsurate la momentul inițial și cel final, nivelul de semnificație fiind foarte ridicat (p=0.001 < 0.5. Apreciată în raport cu forța totală a flexorilor membrului sănătos se observă tot o diferență statistic semnificativă la sfârșitul perioadei de intervenție terapeutică.

4. Diferența dintre momentul maxim de forță al extensorilor membrului afectat la momentul inițial (100.31) și cel final (155.75) este semnificativă statistic, situație identică și în privința diferenței dintre momentul maxim al forței extensorilor membrului afectat (155.75) și a membrului sănătos (199.78) la sfârșitul perioadei de recuperare. Prelucrarea statistică a rezultatelor momentului maxim de forță al flexorilor membrului afectat (rezultate inițiale și finale), dar și comparativ cu membrul inferior sănătos la sfârșitul perioadei în care am aplicat programul convențional a oferit diferențe statistic semnificative. Ca urmare, *apreciem că protocolul aplicat, deşi îmbunătăţeşte semnificativ parametrul măsurat la nivelul membrului inferior operat, creşterile nu ajung la nivelul membrului sănătos, astfel încât subiecţii să îşi poată relua activitatea anterioară fără risc de reaccidentare.*

5. Referitor la momentul maxim de forță al extensorilor membrului afectat/greutate corporală la momentul inițial (142.71) și cel final (201.69), diferența este semnificativă statistic. Diferența dintre momentul maxim de forță al extensorilor/greutate corporală a membrului afectat (201.69) și a membrului sănătos (228.98) la sfârșitul perioadei de recuperare este semnificativă statistic având în vedere valorile testului Wilcoxon W cu un nivel de semnificație foarte ridicat (p=0.001 < 0.5); procesul de recuperare trebuie continuat.

6. Diferența de 24.8. dintre momentul maxim de forță al flexorilor membrului afectat / greutate corporală la momentul inițial (96.12) și cel final (120.94) este semnificativă statistic având în vedere valorile testului Student T (5.15) cu 14 grade de libertate și un nivel de semnificație foarte ridicat (p=0.001 < 0.5). Același indicator apreciat la membrul afectat comparativ cu membrul sănătos, evidențiază o diferență statistic semnificativă la sfârșitul perioadei în care a fost aplicat tratamentul de reabilitare a subiecților cu reconstrucție LIA, , ceea ce sugerează necesitatea continuării terapiei instituite.

7. Toți parametrii măsurați și monitorizați cu echipamentul Biodex System 4 Pro au înregistrat progrese semnificative între valorile inițiale și cele finale; rezultatele sunt statistic semnificative la toți indicatorii. Din acest punct de vedere se confirmă eficiența programului de intervenție.

8. Comparativ cu membrul inferior sănătos, conform reperelor temporale prevăzute de literatura de specialitate, recuperarea nu a fost completă, astfel încât să permită reluarea activităților sportive fără restricții, în perioada celor 21 de săptămâni în care a fost administrată triada convențională: exerciții fizice clasice + electroterapie + crioterapie. Ca urmare, studiul efectuat ***nu confirmă ipoteza formulată de noi, subiecții nu pot reîncepe activitatea sportivă***.

9. Considerăm că durata etapelor recuperării este orientativă și va trebui ca din punct de vedere temporal, să se țină cont de reactivitatea fiecărui subiect.

10. Reluarea activităților sportive în condițiile unei stări clinice foarte bune, dar cu o recuperare funcțională incompletă este greșeala pe care o fac atât sportivii, cât și antrenorii, care se grăbesc să revină în joc, ghidați numai de reperele temporale ale fiecărei etape a recuperării, ceea ce predispune la recidive ale accidentării aceluiași membru inferior, dar și la leziuni ale membrului inferior controlateral.

Studiul II

STUDIU PRIVIND REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ A SPORTIVILOR CU RECONSTRUCȚIE ARTROSCOPICĂ A LIGAMENTULUI ÎNCRUCIȘAT ANTERIOR PRIN UTILIZAREA TEHNOLOGIEI MODERNE ASISTATE COMPUTERIZAT

Capitolul 7. CADRUL GENERAL DE ORGANIZARE ȘI DESIGNUL CERCETĂRII

7.1. Scop

Scopul acestui studiu este de a evidenția efectele utilizării tehnologiilor moderne de recuperare asistate computerizat prin elaborarea și implementarea unui protocol de recuperare funcțională a pacienților cu ligamentoplastie artroscopică a ligamentului încrucișat anterior (LIA), în vederea asigurării celei mai rapide căi pentru dobândirea libertății de mișcare, minimizării timpilor de recuperare și pentru a facilita reluarea fără restricții a activității sportive anterioare accidentării.

Ne dorim ca prin această lucrare să evidențiem importanța actualizării mijloacelor și metodelor utilizate în recuperarea după reconstrucția LIA cu alografă de ischiogambieri prin compararea rezultatelor obținute cu protocoale care includ tehnologii moderne versus protocoale bazate exclusiv pe mijloace convenționale. Astfel, vom putea pune la dispoziția specialiștilor repere, bazate pe dovezi recente, utile în dirijarea intervențiilor terapeutice aplicate în această patologie.

7.2. Premisele cercetării

- Reconsiderarea funcției biomecanice a genunchiului conduce la inovații în procesul de luare a deciziilor privind atitudinea terapeutică față de pacienții care au suferit leziuni ale LIA.
- Proiectarea și aplicarea protocoalelor de recuperare trebuie adaptate particularităților intervențiilor chirurgicale moderne asupra LIA, în condițiile în care aceste tehnici au devenit din ce mai anatomice și mai puțin invazive.
- Creșterea bazei de date prin furnizarea unor dovezi privind redobândirea funcției biomecanice a genunchiului, ca rezultat al unui efort multidisciplinar, va crește și capacitatea kinetoterapeuților de a selecta și aplica mijloace și metode de recuperare mai eficiente după reconstrucția anatomică a LIA.

7.3. Obiectivele cercetării

Principalele obiective ale acestui studiu sunt următoarele:

- furnizarea unor dovezi privind eficiența posibilităților de recuperare funcțională a genunchiului posttraumatic, după ruptura de LIA, care să ofere posibilitatea specialiștilor să opteze pentru varianta pe care o consideră adecvată;
- crearea / dezvoltarea bazei de date referitoare la posibilitățile de recuperare funcțională a genunchiului după ruptura LIA, tratată artroscopic, prin reconstrucție cu alografă de ischiogambieri;
- evidențierea efectelor protocolului de recuperare care include tehnologii moderne în recuperarea postreconstrucție LIA prin tehnici minim invazive;
- completarea bazei de date privind avantajele/dezavantajele alternativelor terapeutice de recuperare după ruptura LIA, rezolvată chirurgical prin tehnici minim invazive.

7.4. Sarcinile cercetării

În vederea desfășurării în bune condiții a studiului am stabilit următoarele sarcini:

- revizuirea literaturii de specialitate națională și internațională cu privire la tema lucrării;
- organizarea studiului în concordanță cu etapele și metodele de cercetare stabilite;
- constituirea grupului de participanți la studiu, pe baza unor criterii de includere/excludere și cu respectarea principiilor eticii în cercetare;
- elaborarea protocolului de intervenție terapeutică și aplicarea individualizată a acestuia;
- evaluarea inițială a subiecților incluși în studiu;
- aplicarea programului de recuperare conceput;
- evaluarea finală a participanților la cercetare;
- centralizarea rezultatelor și prelucrarea statistico-matematică a acestora;
- compararea rezultatelor obținute după aplicarea celor două protocoale terapeutice (cu mijloace clasice versus tehnologii moderne);
- desprinderea concluziilor referitoare la modificarea parametrilor monitorizați, ca răspuns la programul de recuperare aplicat în acest studiu și comparativ cu programul clasic.

7.5. Ipoteza cercetării

Integrarea în protocolul de recuperare după reconstrucția LIA cu alografă de ischiogambieri a unui program de exerciții fizice efectuate cu echipamentul Biodex System 4 Pro și a unor proceduri de crioterapie conduce la o recuperare funcțională menită să asigure revenirea, fără restricții, la sportul practicat anterior.

7.6. Metodele de cercetare

Metodele de cercetare utilizate în cadrul studiului 2 au fost aceleași pe care le-am aplicat în cadrul primului studiu, respectiv:

- *Metoda studiului bibliografic*
- *Metoda experimentului*
- *Metoda observației*
- *Metoda statistico-matematică*
- *Metoda grafică*

7.7. Organizarea și desfășurarea studiului

Studiul a fost realizat în clinica de recuperare medicală „Nord Docenților", dotată cu echipamente moderne de evaluare și recuperare.

În protocolul de recuperare am inclus, alături de exercițiile fizice utilizate în studiul 1 și de crioterapie, un program de exerciții fizice efectuate cu echipamentul computerizat Biodex System 4 Pro.

7.8. Participanții la cercetare și locul desfășurării cercetării

Studiul a inclus un număr de 15 subiecți de sex masculin și feminin, cu vârste cuprinse între 20 și 35 de ani, sportivi de performanță, practicanți ai unor jocuri sportive (fotbal, baschet și handbal), diagnosticați cu ruptură totală de ligament încrucișat anterior și supuși reconstrucției cu alografă de ischiogambier prin tehnici minim invazive. Grupul experimental a fost constituit pe baza unor criterii de includere, respectiv de excludere, după cum urmează:

Criterii de includere:

- vârsta cuprinsă între 20 și 35 ani;
- leziune izolată LIA;
- leziune recentă;
- maximum 1 săptămână de la intervenția chirurgicală;

- fără patologii secundare;
- vechime în sport minimum 5 ani.

Criterii de excludere:

- leziuni asociate la nivelul genunchiului (ligamentare sau osoase);
- deformări ale genunchilor (genu varum; genu valgum);
- reconstrucție anterioară eșuată a LIA;
- patologii secundare.

Includerea sportivilor în rândul participanților la studiul nostru s-a realizat cu acordul informat al acestora. Remarcăm interesul lor în parcurgerea etapelor recuperării în vederea atingerii obiectivului comun de reluare a activității sportive anterioare fără restricții.

7.9. Etapele cercetării

Studiul de față și pregătirea pentru acesta s-a desfășurat în perioada iunie 2023 – februarie 2025 și a cuprins următoarele etape:

Etapa 1: Iunie 2023 - Ianuarie 2024: Participarea la cursuri de formare și specializare în utilizarea sistemelor computerizate în recuperarea sportivilor de performanță;

Etapa 2: *Iunie 2023 – Martie 2024*: Documentarea pentru a identifica cel mai eficient mod de integrare a dispozitivelor computerizate în programul de intervenție terapeutică, conform ghidurilor internaționale;

Etapa 3: Ianuarie 2024: Selecția testelor/probelor de evaluare; definirea protocolului de intervenție terapeutică în care am introdus un set de exerciții fizice efectuate la echipamentul izokinetic Biodex System 4 Pro, alături de exerciții fizice convenționale și proceduri de crioterapie;

Etapa 4: Februarie – Iunie 2024 Constituirea grupului experimental pe baza unor criterii de *includere și de excludere și inițierea aplicării protocolului de recuperare.*

Etapa 5: Martie 2024 – Iulie 2024 efectuarea evaluărilor inițiale și aplicarea protocolului;

Etapa 5: Iulie 2024 – Decembrie 2024 continuarea aplicării protocolului stabilit și evaluarea finală a nivelului funcțional dobândit de participanții la studiu și implicit a posibilității de revenire la activitățile sportive anterioare;

Etapa 6: Ianuarie 2025 Analiza și prelucrarea statistică a rezultatelor;

Etapa 7: Februarie – Mai 2025 Redactarea tezei de doctorat;

7.10. Evaluarea subiecților

Evaluarea postoperatorie a subiecților incluși în studiu a urmat protocolul aplicat în studiul 1. Aceasta s-a concentrat pe gestionarea durerii, vindecarea plăgilor, amplitudinea mișcărilor și recuperarea forței. O evaluare cuprinzătoare include, de asemenea, evaluarea vindecării grefei și funcționarea generală a genunchiului.

Anamneza a inclus informații despre istoricul afecțiunii, modul de viață, factori agravanți și amelioratori, implicațiile durerii asupra activităților sportive și cotidiene, toate acestea fiind consemnate în fișa individuală a subiectului.

Am explorat vizual aspectul general al subiectului, regiunea supusă intervenției chirurgicale, aspectul plăgilor, masele musculare (pentru a depista eventuale diferențe de volum ale acestora), prezența unor atitudini vicioase etc.

Apoi, am palpat relieful genunchiului cu scopul de a nota diferențele de tonus, puncte dureroase și am mobilizat segmentele articulare pentru a depista prezența limitărilor de amplitudine a mișcărilor și a contracturilor musculare.

Ca și în cazul primului studiu, am efectuat o evaluare precisă cu echipamentul izokinetic *Biodex System 4 Pro.* Acesta mi-a permis măsurarea și calcularea unor parametri importanți, respectiv: amplitudinea de mișcare (Mișc), forța totală a mușchilor extensori ai articulației genunchiului (ForțaEx), forța totală a mușchilor flexori ai articulației genunchiului (ForțaFlex), momentul maxim al forței mușchilor extensori (PeakTQEx), momentul maxim al forței mușchilor flexori (PeakTQFlex), momentul maxim al forței mușchilor extensori raportat la greutatea corporală (PeakTQEx/G), momentul maxim al forței mușchilor flexori raportat la greutatea corporală (PeakTQ Flex /G).

Capacitatea de a monitoriza acești parametri funcționali oferă informații valoroase privind calitatea și eficiența protocolului de reabilitare stabilit. În situația în care există o serie de indicatori care nu reflectă îmbunătățiri semnificative, programul poate fi reconsiderat. Acest set de proprietăți semnifică rolul extrem de util al tehnologiei Biodex în adaptarea procesului de reabilitare la particularitățile subiecților și la obiectivele fiecărei faze de tratament.

7.11. Protocolul modern de intervenție terapeutică aplicat

Ptotocolul elaborat a vizat integrarea unui program de terapie modernă constând în exerciții fizice ***efectuate cu sistemul computerizat izokinetic Biodex*** alături de setul de exerciții convenționale și procedurile de crioterapie, aplicate cu scop analgezic în etapele

inițiale. Programul a fost implementat conform etapelor de recuperare, în acord cu obiectivele specifice, în vederea identificării impactului acestuia asupra îmbunătățirii amplitudinii de mișcare și forței musculare.

Utilizarea tehnologiei Biodex ca metodă de reabilitare după reconstrucția LIA a prezentat o multitudine de avantaje. Conștientizarea mișcării corecte din punct de vedere biomecanic, asistența constantă prin feedback vizual și monitorizarea celor mai relevanți parametri funcționali sunt câteva dintre proprietățile tehnologiei Biodex în ceea ce privește eficiența tratamentului.

Metodologia de cercetare a evidențiat rolul dual al tehnologiei Biodex în cadrul studiului: metodă terapeutică și metodă de evaluare.

● Pentru recuperarea amplitudinii de mișcare a articulației genunchiului am utilizat regimul ***pasiv (P)*** **și** ***pasiv cu participare (PCP)***, iar în etapele avansate am aplicat regimul izometric de lucru la diferite unghiuri articulare.

● Pentru recuperarea forței musculaturii flexoare și extensoare am utilizat regimul ***izometric***, ***izokinetic*** și ***excentric***.

Programele de antrenament realizate au fost adaptate etapelor de evoluție a terapiei.

În prima etapă și în săptămâna 1 a etapei a- II- a, la începutul ședinței de recuperare, am utilizat mobilizări pasive (P) și pasive cu participare (PCP).

Ulterior, de la etapa a III-a, am aplicat componenta modernă reprezentată de antrenamentul izokinetic, care a fost completat de câte o serie de exerciții fizice clasice efectuate înainte și după programul asistat computerizat.

7.12 Rezultatele cercetării

Evaluarea participanților la studiu a vizat membrul inferior afectat (genunchi) atât înainte de aplicarea protocolului de recuperare (măsurători inițiale, abreviate IA), cât și la încheierea etapei de recuperare (măsurători finale, abreviate FA). Aceste valori au fost comparate pentru a putea aprecia eficiența intervenției noastre terapeutice.

La finalul studiului, am efectuat aceleași măsurători și la nivelul membrului inferior sănătos, pe care le-am abreviat cu FS (Tabel 7.24). Am comparat rezultatele finale ale parametrilor măsurați la nivelul membrului inferior afectat cu cele ale membrului inferior sănătos (considerat etalon pentru normalitatea subiectului respectiv) cu scopul de a aprecia dacă participanții la studiu au atins sau nu cca 90% din nivelul funcțional al membrului sănătos. Acesta este criteriul susținut de literatura de specialitate, care permite participanților

la cercetare, reluarea în siguranță, fără restricții și fără risc de re-leziune, a activităților sportive specifice anterioare reconstrucției LIA prin alografă de ischiogambieri.

În tabelele și graficele de mai jos am utilizat, cu sens de sinonimie, paradigma momentul maxim al forței flexorilor sau extensorilor alternativ cu paradigma cuplu de forță.

Tabelul 7.48 ilustrează procentul de recuperare medicală (R) a parametrilor monitorizați la membrul inferior afectat, comparativ cu cel sănătos, după cum urmează:

Rmișc: procent general de recuperare a amplitudinii de mișcare, **RForțaEx** și **RForțaFlex**: procent general de recuperare a forței totale a extensorilor și flexorilor, procent general de recuperare a momentului maxim al forței mușchilor extensori (**RPeakTQEx**), flexori (**RPeakTQFlex**), momentul maxim al forței mușchilor extensori raportat la greutatea corporală (**RPeakTQEx/G**), momentul maxim al forței mușchilor flexori raportat la greutatea corporală (**RPeakTQFlex/G**).

Rezultatele cuprinse în tabel evidențiază că procentul de recuperare a membrului afectat în comparație cu cel sănătos a fost mai mare decât 100% și în general, mai mare de 80% (galben); o parte dintre pacienți s-au recuperat în procent de numai 70-80% (roșu); procentele de recuperare fluctuează semnificativ: subiectul 8 prezintă valori foarte mari, cum ar fi 126.45% pentru RForțăEx, iar subiectul 7 are 111.76%.

Momentul maxim al forței mușchilor flexori (PeakTQFlex) prezintă în general procente de recuperare mai mici, cum ar fi la subiectul 15 doar 69.90% sau la subiectul 12, de 82.93%.

Unele măsurători, în special forța totală a mușchilor extensori (ForțaEx), depășesc 100% în multe cazuri, sugerând că prin recuperare se pot depăși valorile inițiale și pentru membrul sănătos (de exemplu, o capacitate compensatorie mai puternică).

Amplitudinea de mișcare (Rmișc) este relativ egală pentru toți pacienții, oscilând în jurul valorii de 100%.

Procentele medii de recuperare ale forței totale a extensorilor (RForțăEx) variază semnificativ (100.8%) și indică o **recuperare în general puternică a extensiei**. RPeakTQFlex (81.3%) sugerează o **generare mai slabă a forței de flexie.**

Variația între valori este surprinsă în abaterea standard: cea mai mare variație este asociată cu RForțaEx (SD = 13.2), semnalând o inconsecvență în recuperare, iar cea mai mică variație este asociată cu Rmișc (SD = 2.59), arătând modele de recuperare consistente.
Tabel 7.48 Procent recuperare medicală membru afectat comparativ cu cel sănătos

PROCENT RECUPERARE MEDICALĂ MEMBRU AFECTAT COMPARATIV CU CEL SĂNĂTOS %							
Pacient	Rmișc	RForțăEx	RForțaFlex	RPeakTQEx	RPeakTQFlex	RPeakTQEx/G	RPeakTQFlex/G
Pacient1	99.82	96.47	98.83	88.21	76.10	80.97	90.60
Pacient2	98.32	111.89	91.48	99.25	90.59	102.33	74.26
Pacient3	100.72	95.60	75.43	92.63	79.64	73.65	87.19
Pacient4	96.43	74.44	98.14	91.25	85.20	101.01	97.95
Pacient5	100.85	113.19	83.83	84.16	73.87	101.32	105.22
Pacient6	100.69	93.98	99.86	89.81	79.42	104.21	113.61
Pacient7	97.94	100.67	93.01	111.76	85.40	86.11	114.24
Pacient8	100.91	126.45	97.47	114.63	86.65	84.69	91.38
Pacient9	102.94	88.29	77.03	87.58	83.39	105.33	98.38
Pacient10	98.25	115.63	103.10	105.94	83.94	91.00	95.97
Pacient11	103.48	87.75	91.51	86.02	78.32	81.36	94.76
Pacient12	97.20	110.95	88.42	87.26	82.93	103.95	86.08
Pacient13	98.49	92.52	110.43	102.04	87.48	105.31	93.95
Pacient14	99.15	101.40	96.85	86.95	76.68	102.68	86.82
Pacient15	93.22	102.73	104.21	102.93	69.90	94.97	93.30

7.13. Concluzii studiul II

Programul de exerciții fizice efectuat cu echipamentul Biodex System 4 Pro a avut un impact semnificativ asupra amplitudinii mișcării. Diferențele dintre amplitudinea de mișcare inițială și finală la nivelul membrului inferior afectat este semnificativă statistic ($p=0.001 < 0.05$), iar analiza grafică evidențiază o corelație puternică între variabilele studiate. Analizată comparativ membru afectat – membru sănătos, la sfârșitul programului de recuperare, diferența dintre amplitudinea de mișcare nu este semnificativă statistic ($p=0.25 > 0.05$), ceea ce confirmă ipoteza statistică, potrivit căreia *subiecții au înregistrat rezultate bune cu acest program, ajungând la un nivel de recuperare a amplitudinii articulare care le permite revenirea fără restricții la sportul practicat anterior.*

Aceeași situație și în cazul *forței totale a mușchilor extensori ai membrului inferior afectat* la momentul inițial și final: diferență semnificativă statistic, care sugerează că programul de kinetoterapie are un impact pozitiv asupra îmbunătățirii forței musculare. Comparativ cu forța totală a membrului sănătos, la sfârșitul programului de recuperare, diferența nu este semnificativă statistic, ceea ce sugerează *eficiența protocolului bazat pe programul de exerciții programate la dinamometrul izokinetic Biodex System 4 Pro*.

Nivelul de semnificație statistică dintre *forța totală a flexorilor membrului afectat măsurată inițial și final este foarte ridicat ($p=0.001 < 0.05$), ceea ce ne permite extrapolarea*

ipotezei statistice. Mai mult, analiza datelor evidențiază că eficacitatea acestui program este susținută de o mărime efect semnificativă și de calcule precise. Diferența dintre forța totală a flexorilor membrului afectat (626.75) și a membrului sănătos (667.87) la sfârșitul perioadei de recuperare este semnificativă statistic, având un nivel de semnificație foarte ridicat ($p=0.03 < 0.05$), ceea ce *susține eficacitatea terapiei, în condițiile continuării aplicării acesteia.*

În privința *momentului maxim al forței mușchilor extensori ai membrului afecta*t, studiul nostru a evidențiat că diferența dintre valorile măsurate inițial și final este semnificativă statistic, nivelul de semnificație fiind foarte ridicat ($p=0.001 < 0.5$), iar corelația între variabilele studiate este puternică. Comparativ cu membrul inferior sănătos, diferențele nu sunt statistic semnificative, rezultatele obținute indică faptul că *protocolul de recuperare care a inclus și exerciții fizice programate prin utilizarea tehnologiilor moderne a avut un impact pozitiv asupra pacienților în perioada aplicării acestuia.*

Referitor la *momentul maxim al forței mușchilor flexori ai membrului afectat* măsurat inițial și final, diferențele sunt statistic semnificative, cu un nivel de semnificație foarte ridicat. Diferențe statistic semnificative am obținut și prin compararea valorilor momentului maxim al forței mușchilor flexori la membrul afectat cu valorile înregistrate la membrul sănătos la sfârșitul perioadei de 21 de săptămâni în care am aplicat protocolul care a inclus exerciții fizice programate la Biodex System 4 Pro. Diferența este destul de mare, dar precizăm că mărimea efectului indică o îmbunătățire semnificativă a stării pacienților, ca urmare apreciem că *programul implementat este eficient și oferă perspective pozitive pentru recuperarea sportivilor incluși în studiu.*

Din analiza statistică a diferenței dintre *momentul maxim de forță al extensorilor membrului afectat/greutate corporală* măsurat inițial și final, rezultă că aceasta este semnificativă statistic, iar corelația între variabilele studiate este puternică. În schimb, diferența dintre momentul maxim de forță al extensorilor/greutate corporală a membrului afectat (261.19) și a membrului sănătos (276.01) la sfârșitul perioadei în care a fost aplicat programul de recuperare, nu este semnificativă statistic având în vedere valorile testului Wilcoxon W cu un nivel de semnificație foarte ridicat ($p=0.252 > 0.05$), ceea ce *confirmă ipoteza statistică și implicit eficiența terapiei în perioada aplicării acesteia*. Este încă un argument în susținerea aplicării acestui tip de intervenție în reabilitarea pacienților cu reconstrucție artroscopică a LIA.

Și diferența de 72.64 dintre *momentul maxim de forță al flexorilor/greutate corporală a membrului afectat* la momentul inițial (94.35) și cel final (166.99) este semnificativă statistic, având în vedere valorile testului Student T (16.60 >1.96) cu 14 grade de libertate și un nivel de semnificație foarte ridicat (p=0.001 < 0.05), ceea ce ne permite confirmarea ipotezei statistice. Mărimea efectului este dată de testul Cohen's *d* (4.29) care susține afirmația de mai sus. Rezultatele obținute evidențiază eficacitatea programului în recuperarea subiecților studiați și pot ghida practica clinică în dirijarea intervențiilor terapeutice aplicate pacienților cu afecțiuni musculo-scheletice.

Din analiza statistică a momentului maxim de forță al flexorilor membrului afectat/greutate corporală versus membrul sănătos, după 21 de săptămâni de aplicare a programului de recuperare se constată că *diferența nu este semnificativă statistic, ceea ce sugerează că progresia a fost foarte bună pentru atingerea nivelului înregistrat la membrul sănătos.*

Din calculul procentului de recuperare a membrului afectat în comparație cu cel sănătos am constatat că răspunsul subiecților la tratamentul aplicat a fost variat. Astfel, recuperarea a fost mai mare de 100% și în general, mai mare de 80% și doar o parte dintre pacienți s-au recuperat în procent de 70-80% și numai pentru anumiți parametri.

RPeakTQFlex prezintă în general procente mai mici (81.3%), ceea ce sugerează o recuperare mai slabă a forței de flexie. În schimb, ForțaEx, depășește 100% în multe cazuri, cu o medie de 100.8%, ceea ce indică o recuperare în general puternică a extensiei și totodată sugerează că prin utilizarea tehnologiilor moderne se pot depăși inclusiv valorile membrului sănătos. Și recuperarea amplitudinii de mișcare (Rmișc) a fost relativ egală pentru toți pacienții, oscilând în jurul valorii de 100%.

Ca urmare, apreciem că prelucrarea statistică a rezultatelor indicatorilor monitorizați și corelațiile, în general pozitive, ***confirmă ipoteza cercetării potrivit căreia implementarea exercițiilor prin intermediul tehnologiei Biodex 4 Pro a asistat și îmbunătățit capacitatea motorie și funcționalitatea participanților la studiu***. Biodex 4 Pro și-a dovedit eficiența oferind posibilitatea conștientizării mișcării corecte din punct de vedere biomecanic, asistență constantă prin feedback vizual și monitorizare a celor mai relevanți parametri funcționali.

Pe lângă rolul terapeutic al tehnologiei Biodex 4 Pro în protocolul de recuperare, subliniem și rolul extrem de util în evaluare. Deși am adaptat programul de exerciții la particularitățile subiecților și la obiectivele fiecărei etape de tratament, unii dintre aceștia au

înregistrat progrese mai mici ale forței totale a flexorilor și ale parametrilor calculați pe baza acesteia. Apreciem că reactivitatea mai redusă ar putea fi consecința unor factori psihologici, probabil anxiogeni, asupra cărora se putea interveni prin acordarea unui suport psihologic, aspect pe care îl considerăm o limită a cercetării.

Studiul III

STUDIU COMPARATIV PRIVIND REZULTATELE PROTOCOALELOR DE INTERVENȚIE APLICATE - CLASIC VERSUS MODERN

Capitolul 8. CADRUL GENERAL DE ORGANIZARE ȘI DESIGNUL CERCETĂRII

În acest capitol dorim să evidențiem efectele utilizării tehnologiilor moderne de recuperare versus mijloace clasice prin elaborarea și implementarea unor protocoale de recuperare funcțională a pacienților cu ligamentoplastie artroscopică a ligamentului încrucișat anterior (LIA), în vederea delimitării celei mai rapide căi pentru dobândirea libertății de mișcare, minimizarea timpilor de recuperare și reîntoarcerea, cât mai rapidă, la activitatea sportivă.

8.1. Scop

Studiul urmărește să scoată în evidență eventualele diferențe existente în recuperarea funcțională a pacienților cu ligamentoplastie artroscopică a ligamentului încrucișat anterior (LIA) prin utilizarea a două protocoale de intervenție, protocolul clasic bazat pe exerciții convenționale și un protocol bazat pe exerciții asistate computerizat (Biodex 4 Pro)

8.2. Metodologie

8.2.1. Participanți la cercetare

Studiul a fost realizat pe o perioadă de un an și jumătate și a inclus un total de 30 de subiecți, împărțiți în 17 sportivi de elită de sex masculin și 13 sportivi de sex feminin, cu vârste cuprinse între 20 și 35 de ani, diagnosticați cu ruptură totală de ligament încrucișat anterior.

Criterii de includere: vârstă între 20 și 35 de ani; leziune izolată a LIA; leziune recentă; maximum 1 săptămână de la intervenția chirurgicală; fără patologii secundare; minimum 5 ani de experiență sportivă.

Criterii de excludere: sub 20 de ani și peste 35 de ani; leziuni asociate (ligamentare sau osoase) ale genunchiului; deformări ale genunchiului (genu varum, genu valgum); reconstrucție anterioară a LIA eșuată; patologii secundare.

Cele două grupuri experimentale au dimensiuni egale (N = 15 pentru fiecare grup). Distribuția pe sexe în cadrul celor două grupuri experimentale este următoarea:

Grupa 1: 6 femei și 9 bărbați

Grupa 2: 4 femei și 11 bărbați

Astfel, distribuția nu este perfect egală între sexe în cadrul celor două grupuri. Cu toate acestea, ambele grupuri includ participanți de ambele sexe, permițând o analiză comparativă, recunoscând în același timp un mic dezechilibru.

8.2.2. Ipoteza cercetării

Introducerea sistemelor computerizate de dezvoltare și evaluare a forței în programele de recuperare asigură o restaurare mai bună a funcției genunchiului în comparație cu programul clasic.

8.2.3.Protocol de reeducare funcțională a genunchiului pacienților cu ligamentoplastie artroscopică a ligamentului încrucișat anterior (LIA)

Grupul 1 (G1) a urmat un protocol clasic de recuperare constând dintr-un program de exerciții fizice prezentat în Studiul nr.1, elaborat pe baza sintezei obiectivelor stabilite de ghidurile internaționale, asociat cu stimulare electrică și cu crioterapie, aplicată în etapele inițiale, cu scop analgezic.

Grupul 2 (G2) a beneficiat de o abordare modernă, prin implementarea unui program de exerciții fizice efectuate cu echipamentul computerizat Biodex System 4 Pro_prezentat în Studiul 2, dublat de un set de exerciții fizice convenționale și de proceduri de electroterapie și de crioterapie a căror eficiență a fost testată și de grupul 1.

Am intenționat să verificăm care dintre cele două protocoale proiectate și implementate de noi este în măsură să conducă la o recuperare funcțională capabilă să asigure revenirea fără restricții la sportul practicat, în reconstrucțiile LIA cu alografă de ischiogambieri.

8.2.4. Analiza statistică

În cercetare au fost aplicate atât proceduri statistice parametrice, cât și neparametrice, pentru a asigura acuratețea analizei datelor bazate pe distribuția variabilelor.

o Teste parametrice (testul t pentru eșantioane independente) au fost utilizate pentru a compara mediile dintre cele două grupuri pentru variabilele care au îndeplinit ipotezele de normalitate, verificate prin testul Shapiro-Wilk și susținute de valori acceptabile de asimetrie și Kurtozis (în limita a [-1,96; 1,96]).

o Teste neparametrice, inclusiv testul Mann-Whitney U pentru comparații de grup și coeficientul de corelație Spearman pentru evaluarea asocierilor dintre variabile, au fost aplicate atunci când standardele de normalitate nu au fost îndeplinite. Această abordare combinată a asigurat validitatea concluziilor statistice și a permis analiza adecvată atât a diferențelor în mediile grupurilor, cât și a intensității relațiilor dintre variabile.

8.2.5. Rezultate

Analizând media (Tabel 8.1) observăm ca ***grupul 2*** prezintă scoruri medii mai mari decât ***grupul 1*** pentru toate variabilele cu excepția parametrului momentul maxim al forței flexorilor membrului afectat/greutate corporală (PeakTQFlexFA/G) unde pentru G2 μ=167 și pentru G1 μ= 121, ceea ce denotă ***o recuperare mai bună a pacienților din grupul 2*** pentru care s-a folosit un program inovator de exerciții fizice efectuate la dinamometrul izokinetic Biodex System 4 Pro (Fig. 8.1). Această afirmație este susținută și de faptul că valorile minime ale grupului 2 sunt mai mari decât valorile minime ale grupului 1, deci ***toți subiecții din grupul 2 s-au recuperat mai bine decât subiecții din grupul 1***.

Tabel 8.1 Statistici descriptive G1 și G2

	Grup	MișcFA	Fortă ExFA	Forță FlexFA	PeakTQ ExFA	PeakTQ FlexFA	PeakTQ ExFA/G	PeakTQ FlexFA/G
N	1	15	15	15	15	15	15	15
	2	15	15	15	15	15	15	15
Medie	1	108	998	581	156	97	202	121
	2	115	1238	627	213	126	261	167
Abaterea standard	1	4.44	189	232	46.3	33	59.7	20.8
	2	3.19	130	70.6	33.1	12.2	34.6	16.9
Varianță	1	19.8	35779	53897	2146	1087	3564	432
	2	10.2	16807	4986	1093	150	1200	287
Amplitudine	1	13	632	955	144	118	234	78
	2	9	429	220	104	39.2	109	53.9
Minim	1	102	713	343	87.4	59.7	127	86.5
	2	110	1029	508	182	106	203	141
Maxim	1	115	1345	1298	231	178	361	165
	2	119	1458	728	285	145	312	195
Asimetrie Skewness	1	-0.0072	0.196	2.32	0.401	1.34	1.31	0.178
	2	-0.0126	0.145	-0.314	1.47	0.133	-0.169	0.193
Er. Std. Skewness	1	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
	2	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Ascuțime Kurtosis	1	-1.38	-0.368	6.61	-0.979	1.29	2.61	0.0872
	2	-1.52	-0.914	-1.03	1.08	-1.05	-1.3	-1.34
Er. Std. Kurtosis	1	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
	2	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Shapiro-Wilk W	1	0.921	0.948	0.764	0.913	0.855	0.906	0.98
	2	0.915	0.959	0.944	0.777	0.957	0.945	0.929
Shapiro-Wilk p	1	0.199	0.499	0.001	0.151	0.02	0.116	0.972
	2	0.161	0.68	0.435	0.002	0.648	0.448	0.261

Forța totală a extensorilor și forța totală a flexorilor pentru membrul afectat (FortaExFA și FortaFlexFA) evidențiază scoruri mai mari ale grupului 2 (medie = 1238 și respectiv, 627) care indică o forță musculară superioară în comparație cu G1 (medie = 998

și respectiv, 581); variabilitatea mai mare a grupei 1 (de exemplu, FortaFlexFA G1 SD= 232; G2 SD= 70.6) denotă niveluri de forță mai puțin consistente în rândul participanților (Fig. 8.2). Abaterile standard sunt în general mici pentru ambele grupuri, ceea ce denotă o omogenitate rezonabilă a acestora.

Analizând valorile p ale testului Testul Shapiro-Wilk (Tabel 8.1.) observăm că majoritatea variabilelor (de exemplu, MiscFA, FortaExFA, PeakTQExFA, PeakTQFlexFA/G) sunt distribuite normal ($p > 0,05$), cu excepția FortaFlexFA ($p = 0.001$) și PeakTQFlexFA ($p = 0.02$), care nu sunt distribuite în mod normal. De asemenea, majoritatea variabilelor din grupul 2 sunt distribuite în mod normal ($p > 0.05$), cu excepția PeakTQExFA ($p = 0.002$). Pentru variabilele cu distribuție normală putem aplica teste parametrice. Această afirmație este susținută și de valorile Skewness (asimetria graficului față de curba normalei - stânga sau dreapta) și Kurtosis (ascuțimea graficului) care se înscriu în intervalul [-1.96; 1.96] cu excepțiile menționate anterior pentru grupul 1. Astfel, FortaFlexFA (G1): asimetria ridicată (2.32) și ascuțimea mare (6.61) indică valori aberante sau o distribuție puternic ponderată spre o parte.

Grupul 2 s-a recuperat mai bine. Scorurile medii mai mari și variabilitatea mai mică sugerează ***un nivel de performanță mai omogen***. Grupul 2 se poate concentra pe menținerea performanței ridicate și pe abordarea zonelor mai slabe (probabil echilibrul sau controlul motor). *Grupul 1 prezintă performanțe medii mai mici și o variabilitate mai mare*, care pot fi puse pe seama unor posibile disparități de abilități/indivizi cu abilități mai slabe. *Grupul 1 are nevoie de un antrenament mai structurat de forță și flexibilitate pentru a îmbunătăți performanța și a reduce variabilitatea.*

8.3. Concluzii studiul III

Din compararea rezultatelor obținute de către participanții la cele două studii, diferențiate prin conținutul protocoalelor de recuperare aplicate și a căror eficiență a fost evaluată prin prisma mărimii efectelor pe care acestea le-au produs, am desprins următoarele concluzii:

Testele de semnificație statistică aplicate, parametrice și neparametrice (în funcție de distribuția datelor) au evidențiat diferențe semnificative statistic, în favoarea subiecților care au beneficiat de programul de recuperare bazat pe tehnologia computerizată Biodex pentru următorii parametri evaluați:

- ✓ amplitudinea mișcării;

- ✓ forța musculaturii extensoare;
- ✓ momentului maxim al forței mușchilor extensori;
- ✓ momentului maxim al forței mușchilor flexori;
- ✓ momentului maxim al forței mușchilor extensori/greutate corporală;

Ca urmare, putem afirma că aplicarea programului de recuperare care include exerciții fizice efectuate cu tehnologia Biodex asigură o restabilire mai bună a funcției biomecanice a genunchiului în cazul pacienților cu ligamentoplastie artroscopică a ligamentului încrucișat anterior (LIA).

Analiza datelor statistice a evidențiat și faptul că *protocolul clasic* de recuperare ce reunește un program de exerciții fizice, elaborat pe baza sintezei obiectivelor ghidurilor internaționale (Aspetar, 2022, Moon, 2020), asociat cu stimulare electrică și crioterapie, *este mai eficient* decât cel bazat pe mijloace/tehnologii moderne, în ceea ce privește *momentul maxim al forței mușchilor flexori ai membrului afectat/greutate corporală*.

Corelațiile Spearman ilustrează corelații mai puternice ale momentului maxim al forței mușchilor extensori și ale momentului maxim al forței mușchilor flexori cu mai multe variabile/parametrii măsurați cu ajutorul Biodex, sugerând că aceste *cupluri de forță ar putea fi factori cheie în recuperarea funcțională a genunchiului la pacienții cu reconstrucție LIA prin tehnici minim invazive.*

Deosebit de importantă este opțiunea terapeutică dictată de dotările centrelor de recuperare și de accesibilitatea la acestea. Este evident că tehnologiile moderne conduc la o reintegrare în activitățile sportive, fără restricții, în conformitate cu etapele recuperării postligamentoplastie și cu reperele temporale furnizate de literatura de specialitate și de ghidurile internaționale.

Sunt situații în care nu toți indicatorii monitorizați răspund la potențialul maxim în perioadele stabilite, chiar în cazul utilizării tehnologiilor moderne (*ForțaFlexFA* și *PeakTQFlexFA/G*), ca urmare apreciem că acestea sunt orientative și așa cum precizează literatura de specialitate, vizează doar etapele inițiale ale recuperării.

Dirijarea protocoalelor de recuperare în vederea reluării activității sportive anterioare intervenției chirurgicale, fără restricții, este misiunea echipei interdisciplinare care trebuie să acționeze în acord cu particularitățile bio-psiho-motrice ale fiecărui subiect și în funcție de cerințele specifice fiecărui sport.

Capitolul 9. **CONCLUZII**

9.1. Concluzii desprinse din studiile efectuate

Reabilitarea sportivilor poate fi considerată o provocare pentru fiecare kinetoterapeut. Stabilirea celor mai potrivite obiective, alegerea celor mai eficiente metode de intervenție și dozarea acestora sunt misiuni de actualitate în recuperarea performantă a sportivilor.

Studiile efectuate au testat eficiența a două protocoale de reabilitare aplicate sportivilor după reconstrucția LIA cu alografă de ischiogambieri: cu mijloace convenționale (varianta clasică) și cu tehnologii computerizate (varianta modernă).

Eficiența intervențiilor noastre terapeutice a fost apreciată în ambele studii cu sistemul computerizat izokinetic Biodex System 4 Pro. Acesta ne-a permis măsurarea și calcularea unor parametrii importanți, respectiv: amplitudinea de mișcare (Mișc), forța totală a mușchilor extensori ai articulației genunchiului (ForțaEx), forța totală a mușchilor flexori ai articulației genunchiului (ForțaFlex), momentul maxim al forței mușchilor extensori (PeakTQEx), momentul maxim al forței mușchilor flexori (PeakTQFlex), momentul maxim al forței mușchilor extensori raportat la greutatea corporală (PeakTQEx/G) și momentul maxim al forței mușchilor flexori raportat la greutatea corporală (PeakTQFlex /G).

În cadrul primului studiu, sportivii selecționați au fost supuși unui protocol de recuperare constând din asocierea exclusivă a unor mijloace clasice: un program de exerciții fizice, elaborat de noi pe baza sintezei obiectivelor ghidurilor internaționale/etape, asociat cu stimulare electrică și crioterapie. Evaluarea parametrilor monitorizați nu a confirmat ipoteza cercetării, deoarece nu a evidențiat atingerea valorilor funcționale care să permită reluarea activităților sportive fără restricții, după cele 21 săptămâni în care a fost aplicat, în acord cu periodizarea etapelor stabilite de literatura de specialitate. Poate ar fi necesare modificări ale dozării exercițiilor fizice, mai ales că literatura de specialitate prezintă programe orientative doar pentru etapele inițiale ale recuperării, fără să insiste asupra etapei de revenire la sportul practicat anterior.

În cazul studiului 2, metodologia de cercetare a evidențiat rolul dual al tehnologiei Biodex, atât ca metodă de evaluare, cât și ca metodă terapeutică. Am introdus în protocolul de recuperare exerciții fizice programate la sistemul computerizat Biodex 4 Pro, conform etapelor de recuperare, în acord cu obiectivele specifice, în vederea identificării impactului acestora asupra amplitudinii de mișcare și forței musculare.

Pentru recuperarea amplitudinii de mișcare a articulației genunchiului am utilizat regimul pasiv (P) și pasiv cu participare (PCP), iar în etapele avansate, regimul izometric la

diferite unghiuri articulare, în timp ce pentru recuperarea forței musculaturii flexoare și extensoare, subiecții au lucrat în regim izometric, izokinetic și excentric.

Cu excepția unui număr mic de subiecți care nu au atins la genunchiul afectat valorile forței totale a mușchilor flexori de la nivelul membrului inferior sănătos și parametrii calculați pe baza acestui indicator, tehnologia modernă a oferit rezultate superioare la toți ceilalți indicatori evaluați. Conștientizarea mișcării corecte din punct de vedere biomecanic, asistența constantă prin biofeedback, sunt câteva dintre proprietățile tehnologiei Biodex care au asigurat restabilirea funcției biomecanice a genunchiului operat și au confirmat eficiența tratamentului și implicit a ipotezei de cercetare. Unii dintre indicatorii monitorizați au depășit chiar valorile membrului sănătos, ceea ce indică o recuperare puternică, deci o eficiență crescută.

Din analiza statistică a rezultatelor comparative obținute în cadrul fiecărui studiu, am constatat că protocolul clasic de recuperare a fost mai eficient doar în ceea ce privește momentul maxim al forței mușchilor flexori ai membrului afectat/greutate corporală, probabil ca efect al electrostimulării.

Indiscutabil, utilizarea tehnologiei moderne a oferit rezultate superioare la mult mai mulți parametri evaluați, respectiv: amplitudinea mișcării în articulația genunchiului membrului afectat, forța musculaturii extensoare, momentul maxim al forței mușchilor extensori, momentul maxim al forței mușchilor flexori și momentul maxim al forței mușchilor extensori/greutate corporală.

Testul Spearman ilustrează corelații mai puternice ale momentului maxim al forței mușchilor extensori și ale momentului maxim al forței mușchilor flexori cu mai multe variabile/parametrii măsurați cu ajutorul Biodex, sugerând că aceste cupluri de forță ar putea fi factori cheie în recuperarea funcțională a genunchiului la pacienții cu reconstrucție LIA prin tehnici minim invazive.

Apreciem că reactivitatea mai redusă a unor participanți la cercetările noastre ar putea fi consecința unor factori psihologici, probabil anxiogeni, asupra cărora se putea interveni prin acordarea unui suport psihologic, aspect pe care îl considerăm o limită a cercetării.

Dirijarea programelor de exerciții fizice trebuie realizată în funcție de indicatori obiectivi și nu de starea clinică, deoarece aceasta este înșelătoare. Chiar dacă se apreciază că starea clinică este foarte bună, recuperarea funcțională poate fi incompletă și contraindică reluarea activităților sportive. Aceasta este greșeala pe care o fac atât sportivii, cât și antrenorii, care se grăbesc să revină la activitatea sportivă anterioară, ghidați numai de repere

temporale ale fiecărei etape a recuperării, ceea ce predispune la recidive ale accidentării aceluiași membru inferior, dar și la leziuni ale membrului inferior controlateral.

Capitolul 10. **ELEMENTE DE ORIGINALITATE, DISEMINAREA CERCETĂRII ȘI LIMITELE CERCETĂRII**

10.1. Elemente de originalitate

Considerăm că elementele de originalitate ale cercetării noastre sunt:

- sinteza, în premieră națională, a etapelor recuperării în reconstrucția artroscopică a LIA cu alografă de ischiogambieri, după consultarea ghidurilor internaționale de specialitate (Aspentar, 2022 și MOON, 2020), care oferă repere temporale și criterii de trecere de la o etapă la alta;
- conceperea și implementarea unui protocol de recuperare bazat exclusiv pe mijloace convenționale, etapizat, pe obiective mergând până la etapa de reluare a sportului practicat anterior, în condițiile în care literatura de specialitate prezintă programe orientative doar pentru etapele inițiale ale recuperării, fără să insiste asupra revenirii fără restricții la activitățile sportive anterioare;
- conceperea unui set de exerciții fizice programat la sistemul computerizat de ultimă generație Biodex 4 Pro, revoluționar în materie de performanță și precizie în execuția mișcărilor, dar și în acuratețea măsurătorilor și a calculelor pe care le furnizează softul acestuia;
- prezentarea comparativă a rezultatelor celor două protocoale aplicate sportivilor cu reconstrucție LIA prin intervenții minim invazive, cu oferirea unor rezultate concrete și desprinderea unor concluzii care pot reprezenta orientări în strategiile terapeutice viitoare;
- este prima lucrare elaborată la nivel național care evidențiază rolul dual al tehnologiei Biodex în cadrul protocolului de recuperare: metodă terapeutică și metodă de evaluare în reabilitarea sportivilor cu reconstrucție LIA prin tehnici minim invazive.

10.2. Limitele cercetării

Comparațiile privind eficiența programelor de recuperare postoperatorii ce au reunit mijloace clasice versus cele bazate pe tehnologii moderne ar fi trebuit efectuate pe eșantioane mai mari și la intervale de testare standardizate mai mici.

Exercițiile fizice de reabilitare au fost efectuate cu un focus intern de control, ceea ce înseamnă că atenția sportivilor incluși în cercetare a fost îndreptată exclusiv către aspectele interne ale mișcării cu scopul restabilirii unui model motor și a capacității de contracție musculară.

Funcționarea în mediul sportiv sau chiar în activitățile cotidiene implică și factori externi: stimuli vizuali dinamici extrem de complecși, suprafețe variabile, planificarea mișcărilor, luarea rapidă a deciziilor, poziții variabile ale jucătorilor și interacțiuni cu mediul, precum și perturbări neprevăzute, variabile care nu au fost luate în calcul pe parcursul expeimentului.

Sunt necesare studii care să facă legătura între cerințele intense ale sportului practicat de fiecare participant la cercetare, în ceea ce privește controlul motor și cel neurocognitiv, pentru ca sportivii să poată beneficia și de intervenții specifice care vizează acești factori neurocognitivi, pe lângă tehnicile biomecanice utilizate.

De asemenea, perioada lungă pe care se aplică programul de reabilitare conduce la pierderea motivației de către tinerii sportivi; ei se simt frustrați când reabilitarea nu se concentrează pe performanța sportivă și sunt îngrijorați de capacitatea de a face față cerințelor sportului pe care îl practică. Anxietatea legată de consecințele unei noi accidentări la genunchi îi afectează adesea, în timp ce ei se străduiesc să revină la sportul practicat anterior traumatismului; între pregătirea fizică și psihologică nu există concordanță. În aceste condiții, în ciuda recuperării funcțiilor fizice, sportivii necesită/solicită sprijin psihologic pentru revenirea la sportul practicat.

Așadar, se impun studii interdisciplinare în care să se intervină prin programe specializate care să abordeze și latura psihică a sportivilor după o reconstrucție LIA.

Mulți factori psihologici, inclusiv încrederea, anxietatea și evaluarea riscurilor, sunt potențial modificabili. Prin urmare, o intervenție eficientă, care oferă sprijin psihologic pentru revenirea la sport, este probabil relevantă pentru o gamă largă de sportivi de elită și poate fi testată prin studii interdisciplinare randomizate controlate.

Evident, lucrarea de față nu poate rezolva toate problemele pe care le ridică recuperarea după reconstrucția LIA la sportivi, multe dintre aspectele prezentate ca limite ale cercetării sunt mai curând sugestii pentru întreprinderea unor cercetări ulterioare.

De asemenea, subliniem că deși revoluționarul echipament Biodex 4 Pro este prevăzut cu un software bogat în funcții, care urmărește nu numai progresul, dar justifică și necesitatea fiecărei sesiuni, oferind informații complete despre rezultate, prețul destul de

ridicat îi limitează accesibilitatea, achiziționarea acestuia fiind posibilă doar de către centre medicale mari, care dispun de fonduri adecvate.

Ne dorim ca programele noastre să devină, după diseminarea rezultatelor, o bună practică în gestionarea rupturilor de ligament încrucișat anterior operate prin tehnici minim invazive.

10.3. Valorificarea rezultatelor cercetării

Se va concretiza în elaborarea unui ghid de recuperare privind posibilitățile și limitele revenirii la sportul practicat, fără restricții, după reconstrucția LIA cu alografă de ischiogambier, prin tehnici minim invazive.

Ghidul va cuprinde o serie de recomandări, fără să anuleze responsabilitatea profesioniștilor din domeniu în luarea unor decizii adecvate circumstanțelor și cerințelor individuale ale sportivilor. Considerăm că acest demers ar fi atât în beneficiul specialiștilor, cât și al pacienților.

Publicații

✓ **Paraschiv, A.** (2023). *Modern Aproach In Treating Femuro Patelar Tendinopathy*, Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/ Science, Movement and Health, Vol XXIII, ISSUE 2
https://www.analefefs.ro/anale-fefs/2023/i2/pe-autori/21.%20PARASCHIV%20ALIN.pdf

✓ **Paraschiv, A.**, Teodorescu, S. (2025). *The impact of a 5-month rehabilitation program on ACL recovery: insights from Biodex-assisted evaluation*, Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/ Science, Movement and Health, Vol. XXV, ISSUE 1, 25 (1): 118-123
https://analefefs.ro/anale-fefs/2025/i1/pe-autori/19.%20PARASCHIV%20ALIN,%20TEODORESCU%20SILVIA.pdf

✓ **Paraschiv, A.**, Teodorescu, S., Stoica, M., El-Bsat, R. (2025). *Comparative study on functional rehabilitation after artroscopic anterior cruciate ligament reconstruction classical versus modern*, Discobolul Volume 64, Issue 1 – June. https://discobolulunefs.ro/media/JUNE2025.2.pdf

Lucrări prezentate la Conferințe naționale și internaționale

✓ *Paraschiv, A*., Cordun, M. (2021). *Aspects regarding the physiotherapy treatment of achilles tendinopaty through computerized dynamometry*. International Science Conference" Perspectives in Physical Education and Sport", Constanta, 20-21 May.

✓ *Paraschiv, A.*, Cordun, M. (2021). *The importance of computerised systems on recovery after minimally invasive spine surgery*. International Congress of Education, Health and Human Movement, 11th edition- online, Bucharest 10-12 June.

✓ *Paraschiv, A*., Cordun, M., Xhardo, K. (2023). *Management of patellofemoral tendinopathy thorugh modern approaches*. International Congress of Education, Health and Human Movement, 13th edition, 100 years of exceellence in research and education, Bucharest, 14-17 June.

✓ *Paraschiv, A*., Teodorescu, S. (2024) *Integration of Isokinetic Assessment into Clinical Practice: Challenges and Benefits*. International Congress of Education, Health and Human Movement, 14th edition, Bucharest, 13-15 June.

✓ *Paraschiv, A.*, Sideri, M. (2024). *Rolul dinamometriei computerizate în evaluarea şi managementul afecţiunilor genunchiului la persoanele cu activităţi sportive recreative,* Congresul Național de Fizioterapie, Ediția a VII-a Sibiu. Oct. https://colegiulfizioterapeutilor.ro/wp-content/uploads/2024/10/volum-de-rezumate-Congres-CFZRO-2024.pdf

RECUNOAȘTERE

Teza a fost elaborată sub auspiciile UNEFS în cadrul Şcolii Doctorale pe baza Proiectului de cercetare ştiinţifică aprobat de Consiliul Şcolii Doctorale.

BIBLIOGRAFIE

1. Aman, M., Forssblad, M., Larsen, K. (2018). Incidence and body location of reported acute sport injuries in seven sports using a national insurance database. Scandinavian journal of medicine and science in sport, 28(3), 1147-1158. https://doi.org/10.1111/sms.12956
2. Ardern, C.L., Taylor, N.F., Feller, J.A., Timothy, S., Webster, K. (2013). Physiological responses matter in returning to preinjury level of sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. American Journal of Sports Medicine, 41(7), 1549-1558. https://doi.org/10.1177/0363546513489284
3. Ardern, C.L., Webster, K.E., Taylor, N.F., Feller, J.A. (2001). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: A systematic review and meta-analysis of the state of play British Journal of sports Medicine, 45(7), 596-606. https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.076364
4. Bach, L.J., Happe, F., Fleminger, S., Powell, J. (2000). Theory of mind: Independence of executive function and the role of the frontal cortex in acquired brain injury. Cognitive Neuropsychiatry, 5, 175-192. https://doi.org/10.1080/13546800050083520
5. Bahr, R., Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries sport. British Journal http://doi.org/10.1136/bjsm.2005.018341
6. Begalle, R.L., DiStefano, L.J., Blackburn, T., Padua, D. (2012). Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercise. Journal of athletic training, 47(4), 396-405. https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.01
7. Bencke, J., Aagaard, P., Zebis, M.K. (2018). Muscle activation during ACL injury Risk Movements in young female athletes: A narrative review. Frontiers in physiology, 9, 445. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00445
8. Bencke, J., Mette, K. (2011). The influence of gender on neuromuscular pre-activity during side cutting. Journal of electromyography and kinesiology- official journal of electrophysiological kinesiology, 21(2), 371-375
9. Bere, T., Alonso, J.M., Wangensteen, A., Bakken, A., Eirale, C., Dijksta, H.P., Popovic, N. (2015). Injury and illness surveillance during the 24th Men`s Handball World Championship 2015 in Quatar. British Journal of Sports Medicine, 49(17), 1151-1156. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094972
10. Beynnon, B.D., Fleming, B.C. (1998). Anterior cruciate ligament strain in-vivo: a review of previous work. Journal of biomechanics, 31(6), 519-525. https://doi.org/10.1016/s0021-9290(98)00044-x
11. Boca, I. C. (2013). Reeducarea proprioceptivă a genunchiului cu un ligament încrucișat anterior deficitar. Studia Universitatis Vasile Goldis, seria Educație Fizică și Kinetoterapie, Vol. 2, Nr.1(3), Vasile Goldiș, Arad iunie 2013.
12. Bogdan, L. (2013). Cercetări privind reconstrucția ligamentului încrucişat anterior al genunchiului, Teză destinată obţinerii titlului ştiinţific de doctor inginer la Universitatea Politehnica Timişoara în domeniul Inginerie Mecanică
13. Brazier, J., Bishop, C., Simons, C., Antrobus, M., Read, P.J., Turner, A. N. (2014). Low extremity stiffness: Effect on performance and injury and implications for training. Strength and conditioning journal, 36(5), 103-112 Doi: 10.1519/SSC.0000000000000094

14. Brinlee, A. W., Dickenson, S. B., Hunter-Giordano, A., & Snyder-Mackler, L. (2022). ACL Reconstruction Rehabilitation: Clinical Data, Biologic Healing, and Criterion-Based Milestones to Inform a Return-to-Sport Guideline. Sports health, 14(5), 770–779. https://doi.org/10.1177/19417381211056873
15. Brukner, P., Clarsen, B., Cook, J., Cools, A., Crossley, K., Hutchinson, M., McCrory, P., Bahr, R., Khan, K. (2017). Brukner and Khan`s clinical Sports Medicine Injuries (5th ed.) McGraw-Hill Education.
16. Buckthrope, M., Gokeler, A., Herrington, L., Hughes, M., Grassi, A., Wadey, R., Patterson, S., Compagnin, A., La Rosa, G., Della Villa, F. (2024). Optimizing the early stage rehabilitation process post ACL reconstruction. Sports Medicine, 54(1), 49-72. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01934-w
17. Bynum, E.B., Barrack, R.L., Alexander, A.H. (1995). Open versus closed kinetic exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. The American journal of sports medicine, 23(4), 401-406. https://doi.org/10.1177/036354659502300405
18. Bynum, E. B., Barrack, R. L., Alexander, A. H. (1995). Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. The American journal of sports medicine, 23(4), 401–406. https://doi.org/10.1177/036354659502300405
19. Calheiros, J., Carvalho, G., Malaquias, D., Silvia, K., Paula, V., Martins, G., Ferreira, I., Nunes, P., Tudela, R., Silva, J.R.W., Bernardo, P., Bernardo, J., Silva, L., Lacerda, L. et al. (2025). Modern rehabilitation protocols for anterior cruciate ligament (ACL) surgeries. International journal of health and medical research, 04, 2833-2148. Doi: 10.58806/ijhmr.2025.v4i2n08
20. Chappell, J.D., Herman, D.C., Knight, B.S., Kirkendall, D.T., Garrett, W.E., Yu, B. (2005). Effect of fatigue in knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. The American journal of sports medicine, 33(7), 1022-1029. https://doi.org/10.1177/0363546504273047
21. Della-Villa, G., Hagglund, M., Della-Villa, S., Ekstrand, J., Walden, M. (2021). Infographic. High rate of second ACL injury following ACL reconstruction in male professional footballers: an update longitudinal analysis from 118 players in the UEFA Elite Club Injury Study. British Journal of Sports Medicine, 55(23), 1379-1380. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103555
22. Devismes, M., Aeles, J., Philips, J., Vanwanseele, B. (2021). Sprint force-velocity profiles in soccer players: Impact of sex and playing level. Sports Biomechanics, 20(8), 947-956. https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1618900
23. Dolton, B. (1982). Traité de Podologie, Paris, Maloine
24. Ebert, J.R., Edwards, P., Yi, L., Joss, B., Acklan, T., Carey-Smith, R., Buelow, J.U., Hewit, B. (2018), Strenght and functional symmetry is associated with post-operative rehabilitation in patients following anterior ligament reconstruction. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of ESSKA, 26(8), 2353-2361. https://doi.org/10.1007/s00167-017-4712-6
25. Eitzen, I.H., Moksnes, H., Snyder-Mackler, L., Risberg, M.A. (2010). Progressive 5-Week Exercise Therapy Program Leads to Significant Improvement in Knee Function

Early After Anterior Cruciate Ligament Injury. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 40(11), 705-722. https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3345
26. Escamilla, R. F., Macleod, T.D., Wilk, K.E., Paulos, L., Anrews, J.R. (2012). Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: A guide to exercise selection. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 42(3), 208-220. Https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3768
27. Falconiero, R.P., DiStefano, V.J., Cook, T.M. (1998). Revascularization and ligamentization of autogenous anterior cruciate ligament grafts in humans. Arthroscopy: the journal of arthroscopic and related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association, 14(2), 197-205. https://doi.org/10.1016/s0749-8063(98)70041-6
28. Fu, X. L., Du, L., Song, Y. P., Chen, H. L., Shen, W. Q. (2022). Incidence of injuries in professional snow sports: A systematic review and meta-analysis. Journal of sport and health science, 11(1), 6–13. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.10.006
29. Geageac, C., Abdula, I., Iliescu, M. G. (2024). Modalități complexe de abordare artroscopică în scop diagnostic și terapeutic a genunchiului multilezional cu afectare meniscală și ligamentară: Studiu de caz. Revista Sanatoriul Techirghiol, Anul IX(33), 65–xx.
30. Giangarra, C. E., Manske, R.C. (2018). Clinical orthopaedic rehabilitation: a team approach (Fourth edition). Philadelphia, Elsevier. 2018.
31. Glass, R., et al. (2010). The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercise on Patients With ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT, 52.
32. Gokeler, A., Nehaus, D., Benjaminse, A., Grooms, D.R., Baumeister, J. (2019). Principles of motor learning to support neuroplasticity after ACL injury: Implications for optimizing performance and reducing risk of second ACL Injury. Sports Medicine, 49(6), 853-864. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01058-0
33. Grindem, H., Arundale, A. J., Ardern, C. L. (2018). Alarming underutilisation of rehabilitation in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: four ways to change the game. British journal of sports medicine, 52(18), 1162–1163. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098746
34. Grooms, D., Appelbaum, G., Onate, J. (2015), Neuroplasticity following anterior cruciate ligament injury: a framework for visual-motor training approaches in rehabilitation. Journal of orthopaedic & sports physical Therapy, 45(5), 381-393. https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5549
35. Harilainen, A., Sandelin, J. (2006), Post-operative use of knee brace in bone–tendon–bone patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction: 5-year follow-up results of a randomized prospective study. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 16: 14-18.
36. Hart, M.J. et al. (2008). Lower extremity joint movements of collegiate soccer players differ between genders during a forward jump. Journal of Sport Rehabilitation, 17(2), 137-147. https://doi.org/10.1123/jsr.17.2.137
37. Heijne, A., Werner, S. (2007). Early versus late start of open kinetic chain quadriceps exercise after ACL reconstruction with patellar tendon or hamstring grafts: a prospective

randomized outcome study. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy: official journal of the ESSKA, 15(4), 402-414. https://doi.org/10.1007/s00167-006-0246-z
38. Heroux, M.E., Tremblay, F. (2005). Weight discrimination after anterior cruciate ligament injury: a pilot study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 86(7), 1362-1368.https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.11.045
39. Herzberg, D.L., Motu`apuaka, M.L., Lambert, W., Fu.R., Brady, J., Guiese, J.M. (2017). The effect of menstrual cycle and contraceptives on ACL injuries and laxity: a systematic review and meta-analysis. Orthopaedic journal of sports medicine, 5(7), https://doi.org/10.1177/2325967117718781
40. Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R., Heidt Jr, R.S., Colosimo, A.J., McLean, S.G., Van den Bogert, A.J., Paterno, M.V., Succop, P. (2005). Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Prediction Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A prospective Study. The American Journal of Sports Medicine, 33(4), 492-501. https://doi.org/10.1177/0363546504269591
41. Hewett, T.E., Shultz, S.J., Griffin, L.Y. (2007). Understanding and preventing noncontact ACL injuries. American Orthopaedic Society for sports Medicine. Human Kinetics.
42. Holm, I., Risberg, M.A., Aune, A.K., Tjomsland, O., Steen, H. (2000). Muscle strength recovery following anterior cruciate ligament reconstruction. Isokinetic and Exercise Science, 8(2), 57-63. https://doi.org/10.3233/IES-2000-0035
43. Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F., Gissane, C., Mccarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., Paton, B., Patterson, S.D. (2019). Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomized Controlled Trial. Sports Medicine, 49(11), 1787-1805. https://doi.org/10.1007/S40279-019-01137-2
44. Hurd, W.J., Axe, M.J., Snnyder-Mackler, L. (2008). A 10-year prospective trial of a patient management algorithm and screening examination for highly active individuals with anterior cruciate ligament injury: part 1, outcomes. The American Journal of Sports Medicine, 36(1), 40-47. https://doi.org/10.1177/0363546507308190
45. Isberg, J., Faxen. E., Bradsson, S. Et al. (2006). Early active extension after anterior knee surgery, Sports Traumatology Arthroscopy. 14(8), 1108-1115
46. Kapreli, E., Athanasopoulos, S. (2006). The anterior cruciate ligament deficiency as a model of brain plasticity. Medical Hypoteses, 67(3), 645-50. https://doi.org/10.1016/j.mehy.2006.01.063
47. Kocher, M. S., Sterett, W. I., Briggs, K. K., Zurakowski, D., Steadman, J. R. (2003). Effect of functional bracing on subsequent knee injury in ACL-deficient professional skiers. The Journal of 193 Bibliographie Knee Surgery, 16(2), 87-92
48. Konrads, C., Reppenhagen, S., Belder, D., Goebel, S., Rudert, M., Barthel, T. (2016). Long-term outcome of anterior cruciate ligament tear without reconstruction: a longitudinal prospective study. International Orthopaedics, 40(11), 2325-2330. https://doi.org/10.1007/s00264-016-3294-0
49. Kruse, L.M., Gray, B., Wright, R.W. (2012). Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. The journal of bone and joint surgery. American volume, 94(19), 1737-1748. https://doi.org/10.2106/JBJS.K.01246

50. Kuenze, C.M., Hertel, J., Weltman, A., Diduch, D., Saliba, S.A., Hart, J.M. (2015). Persistent Neuromuscular and corticomotor Quadriceps Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Journal of Athletic Training. 50, 303-312. https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.5.06
51. Irarrázaval, S., Albers, M., Chao, T., & Fu, F. H. (2017). Gross, Arthroscopic, and Radiographic Anatomies of the Anterior Cruciate Ligament: Foundations for Anterior Cruciate Ligament Surgery. Clinics in sports medicine, 36(1), 9–23. https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.002
52. Isberg, J., Faxén, E., Brandsson, S., Eriksson, B. I., Kärrholm, J., & Karlsson, J. (2006). Early active extension after anterior cruciate ligament reconstruction does not result in increased laxity of the knee. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA, 14(11), 1108–1115. https://doi.org/10.1007/s00167-006-0138-2
53. Jewiss, D., Ostman, C., Smart, N. (2017). Open versus Closed Kinetic Chain Exercises following an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of sports medicine. https://doi.org/10.1155/2017/4721548
54. Jiminez-Reyes, P., Garcia-Ramos, A., Parraga-Montilla, J.A., Morcillo-Losa, J. A., Cuadrado-Penafiel, V., Castano-Zambudio, A., Samozino, P., Morin, J.B. (2022). Seasonal changes in the sprint acceleration force-velocity profile of elite male soccer players. The Journal of Strength and Conditioning Research, 36(1), 70-74. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003513
55. Jones, R.N., Greig, M., Mawene, Y., Barrow, J., Page, R.M. (2019). The influence of short-term fixture congestion on position specific match running performance and external loading patterns in English professional soccer. Journal of Sports Science, 37(12), 1338-1346. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1558563
56. Kotsifaki, R., Korakakis, V., King, E., Barbosa, O., Maree, D., Pantouveris, M., Bjerregaard, A., Luomajoki, J., Wilhelmsen, J., & Whiteley, R. (2023). Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *British journal of sports medicine*, *57*(9), 500–514. https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106158
57. Laprade, R.F., Surowiec, R.K., Sochanska, A.N. (2013). Epidemiology, identification, treatment and return to play of musculoskeletal-based ice hockey injuries. British Journal of Sports Medicine, 48(3), 4-10. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093020
58. Lefevre, N., Klouche, S., Herman, S., Bohu, Y. (2014). Les facteurs de risques de rupture du ligament croise anterieur: le genre feminin. Journal de Traumatologie du Sport, 31(1), 58-62. http://doi.org/10.1016/j.jts.2013.12.001
59. Littmann, A., Iguchi, M., Madhavan, S., Kolarik, J.L., Shields, R. (2012). Dynamic-position-sense impair-ment s independence of perceived knee function in women with ACL reconstruction. J SportRehabil, 21(1), 44-53. https://doi.org/10.1123/jsr.21.1.44
60. Lustig, E., Servien, S., Parratte, G., Demey, P., Neyreet, P. (2013). Lesions ligamentaires recentes du genou de l adulte Appareil locomoteur, EMC, 8 (1) 1-77.
61. Macrelli, L., Mallia, L., Thiebat, G., Rocchi, J.E., Herrington, L., Nutarelli, S. (2025). Underutilization of coper/non-coper screening in anterior cruciate ligament injuries management in Italy: an online survey. Frontiers in rehabilitation sciences, 5, 1497828. https://doi.org/10.3389/fresc.2024.1497828

62. Madhavan, S., Shields, R. K. (2011). Neuromuscular responses in individuals with anterior cruciate ligament repair. Clinical Neurophysiology, 122(5), 997-1004. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.09.002
63. Manole, V., Manole, L., Manole, M. (2011). Possibilities of recovery by means of physiotherapy after anterior cruciate ligament plasty (Keneth-Jones) at handball players. Gymnasium, Universitatea Bacău, 12(2).
64. Manske, R.C., Prohaska, D. (2010). ACL rehabilitation progression: Where are we now? Clinics in Sports Medicine, 29(1), 117-136. https://doi.org/10.1016/j.csm.2009.09.008
65. Månsson, O., Sernert, N., Ejerhed, L., & Kartus, J. (2016). Long-Term Examination of Bone Mineral Density in the Calcanei After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Adolescents and Matched Adult Controls. Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association, 32(4), 615–623. https://doi.org/10.1016/j.arthro.2015.08.039
66. Marieswaran, M., Jain, I., Garg, B., Sharma, V., Kalyanasundaram, D.A. (2018). Review on Biomechanics of Anterior Cruciate Ligament and Materials for Reconstruction. Applied bionics and biomechanics, 4657824. https://doi.org/10.1155/2018/4657824
67. Martinez-Hernandez, D., Quinn, M., Jones, P. (2023). Most common movements preceding goal scoring situations in female professional soccer. Science and Medicine in Football, 1-9. https://doi.org/10.1080/24733938.2023.2214106
68. Mayr, H.O., Stoehr, A., Dietrich, M. (2012) Graft-Dependent Differences in the Ligamentization Process of Anterior Cruciate Ligament Grafts in a Sheep Trial. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, Official Journal of the Esska, 20(5), 947-950. https://doi.org/10.1007/s00167-011-1678-7
69. McDevitt, E. R., Taylor, D. C., Miller, M. D., Gerber, J. P., Ziemke, G., Hinkin, D., Pierre, P. S. (2004). Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, multicenter study. The American Journal of Sports Medicine, 32(8), 1887-1892.
70. Meuffels, D.E., Poldervaart, M.T., Diercks, R.L., Fievez, A.W., Patt, T.W., Hart, C.P., Hammacher, E.R., Meer, F.V., Goedhart, E.A., Lenssen, A.F., Muller-Ploeger, S.B., Pols, M.A., Saris, D.B. (2014). Guideline on anterior cruciate ligament injury. Acta orthopaedica, 83(4), 379-386. https://doi.org/10.3109/17453674.2012.704563
71. Miller, A.E.J., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Sale, D.G. (1993). Gender defferences in strength and muscle fiber characteristics. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 66(3), 254-262. https://doi.org/10.1007/BF00235103
72. Millett, P., J. et al. (2010). ACL Reconstruction Rehabilitation Protocol. Sports Medicine and Orthopaedic Surgery.
73. Milon, A. G. (2017). Study Regarding the Types of Incidence of Lower Limb Injuries in Romanian Badminton Players, Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacău, Facultatea de Științe ale Mișcării, Sportului și Sănătății, 2017 ISSN 2344-5645
74. Moiroux-Sahraoui, A., Forelli, F., Mazeas, J., Rambaud, A.J., Bjerregaard, A., Riera, J. (2024). Quadriceps Activation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The

Early Bird Gets the Worm! International Journal of Sports Physical Therapy, 19(8), 1044-1051. https://doi.org/10.26603/001c.121423
75. Morrissey, M.C., Drechsler, W.I., Morrissey, D., Knight, P.R., Armstrong, P.W., McAuliffe, T.B. (2002). Effects of distally fixated versus nondistally fixated leg extensor resistance training on knee pain in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. Physical therapy, 82(1), 35-43. https://doi.org/10.1093/ptj/82.1.35
76. Myklebust, G. (2014). ACL prevention in female handball. Aspetar Sport Medicine Journal, 2014.
77. Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I.H., Skjolberg, A., Olsen, O.E., Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine, 13(2), 71-78. https://doi.org/10.1097/00042752-200303000-00002
78. Nicholson, B., Dinsdale, A., Jones, B., Till, K.(2022). The training of medium-to long-distance sprint performance in football code athletes: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 52(2), 257-286. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01552-4
79. Niederer, D., Engerhoff, T., Wilke, J., Vogt, L., Banzer, W. (2018). Return to play, performance and career duration after anterior cruciate ligament rupture: a case-control study in the five biggest football nations in Europe. Scandinavian Journal of Medical Science and Sports, 28(10): 2226-2233.
80. Noehren, B., Snyder-Mackler, L. (2020). Who's Afraid of the Big Bad Wolf? Open-Chain Exercises After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 50(9), 473–475.
81. Nuzzo, J.L. (2023). Narrative review of sex differences in muscle strength, endurance, activation, size, fiber type and strength training participation rates, preferences, motivations, injuries and neuromuscular adaptations. The Journal of Strength and Conditioning Research, 37(2), 494-536. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004329
82. Nyland, J., Brand, E., Fisher, B. (2010). Update on rehabilitation following ACL reconstruction. Open acces journal of sports medicine, 1, 151-166. https://doi.org/10.2147/oajsm.s9327
83. Nyland, J., Mauser, N., Caborn, D.N. (2013), Sports involvement following ACL reconstruction is related to lower extremity neuromuscular adaptations, subjective knee function and health locus of control. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA, 21(9), 2019-2028. https://doi.org/10.1007/s00167-013-2366-6
84. Nyland, J.,Wera, J., Klein, S., Caborn, D.N. (2014), Lower extremity neuromuscular compensations during instrumented single leg hop testing 2-10 years following ACL reconstruction. The Knee, 21(6), 1191-1197. https://doi.org/10.1016/j.knee.2014.07.017
85. O'Connor, R.F., King, E., Richter, C., Webster, K.E., Falvey, É.C. (2020) No relationship between strength and power scores and anterior cruciate ligament return to

sport after injury scale 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med.;48(1):78–84. doi: 10.1177/0363546519887952

86. Olsen, O.E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport, 13(5), 299-304. https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00329.x
87. Osterwald, K.M., Kelly, D.T., Comyns, T.M., Cathain, C.O. (2021). Resisted sled sprint kinematics: The acute fect of load and sporting population. Sports, 9(10), 137. https://doi.org/10.3390/sports9100137
88. Panasci, M., DiGennaro, S., Ferrando, V., Filipas, L., Ruggeri, P., Faelli, E. (2023). Efficacy of resisted sled sprint training compared with unresisted sprint training on acceleration and sprint performance in rugby players: An 8-week randomized controlled trial. International Journal of Sports Physiology and Performance, 18(10), 1189-1195. https://doi.org/10.1123/ijspp.2023-0103
89. Papadopoulos, A., et al. (2021). Neuromuscular training in ACL rehabilitation. Journal of Orthopaedic Research, 39(4), 775-784. https://doi.org/10.1002/jor.24755
90. Papalia, R., Vasta, S., Tecame, A, D Adamio, S., Maffulli, N., Denaro, V. (2013), Home-based vs supervised rehabilitation programs following knee surgery: A systematic review. British medical bulletin, 108, 55-72. https://doi.org/10.1093/bmb/ldt014
91. Papanikolaou, K., Tsimeas, P., Anagnostou, A., Varypatis, A., Mourikis, C., Tzatzakis, T., Draganidis, D., Batsilas, D., Mersinias, T., Loules, G., Poulios, A., Deli, C.K., Batrakoulis, A., Chatzinikolaou, A., Mohr, M., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I.G. (2021). Recovery kinetics following small-sided games in competitive soccer players: does player density size matter? International Journal of Sports Physiology Performance, 16(9), 1270-1280. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0380
92. Paradisis, G.P., Bissas, A., Pappas, P., Zacharogiannis, E., Theodorou, A., Girard, O. (2019). Sprint mechanical differences at maximal running speed: Effects of performance level. Journal of Sports Science, 37(17), 2026-2036. https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1616958
93. Pareja-Blanco, F., Asian-Clemente, J.A., Saez de Villarreal, E. (2021). Combined squat and light-load resisted sprint training for improving athletic performance. The Journal of Strength and Conditioning Research, 35(9), 2457-2463. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003171
94. Pareja-Blanco, F., Pereira, L.A., Freitas, T.T., Alcaraz, P. E., Reis, V. P., Guerriero, A., Arruda, A. F. S., Zabaloy, S., Saez De Villarreal, E., Loturco, I. (2022). Acute effects of progressive sled loading on resisted sprint performance and kinematics. The Journal of Sports, Biomechanics, Strength and Conditioning Research, 36(6), 1524-1531. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003656
95. Pareja-Blanco, F., Saez De Villarreal, E., Bachero-Mena, B., Mora-Custodio, R., Asian-Clemente, J.A., Loturco, I., Rodriguez-Rosell, D. (2020). Effects of unloaded sprint and heavy sled training on sprint performance in physically active women. International Journal of Sports Physiology and Performance, 15(10), 1356-1362. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0862

96. Perriman, A., Leahy, E., Semciw, A.I. (2018) The Effect of Open-Versus Closed-Kinetic-Chain Exercises on Anterior Tibial Laxity, Strength, and Function Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. J Orthop Sports Phys Ther. 2018 Jul; 48(7); 552-566.
97. Peterson, J.R., Krabak, B.J. (2014). Anterior cruciate ligament injury: mechanisms of injury and strategies for injury prevention. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 25(4), 813-828. http://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.06.010
98. Petrakos, G., Morin, J.B., Egan, B. (2015). Resisted sled sprint training to improve sprint performance: a systematic review. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 46, 381-400, doi: 10.1007/s40279-015-0422-8.
99. Pietrosimone, B.G., Lepley, A.S., Ericksen, H.M., Gribble, P.A., Levine, J. (2013). Quadriceps strength and corticospinal excitability as predictors of disability after anterior cruciate ligament reconstruction. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 48(7), 552-566. https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7656
100. Piussi, R., Krupic, F., Senorski, C. (2021). Psychological impairments after ACL injury – Do we know what we are addressing? Experiences from sports physical therapists. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 2021; 31: 1508-17.
101. Popescu, A. N., et all. (2005). Incidenţa traumatismelor sportive la echipele naţionale de rugby (juniori, tineret, seniori) ale României, Revista Română de Medicină Sportivă, Nr. 4, București
102. Rabolu, E. (2018). Strategies for post-meniscectomy treatment. Studia Universitatis "Vasile Goldiș" Arad, Seria F – Kinetotherapy, Physical Education and Rehabilitation, 7(1), 13–20.
103. Rakovic, E., Paulsen. G., Helland, C., Eriksrud, O., Haugen, T. (2018). The effect of individualised sprint training in elite female team sport athletes: A pilot study. Journal of Sports Science, 36(24), 2802-2808. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1474536
104. Ramsay, J.A., Blimkie, C.J., Smith, K., Garner, S., Mac Dougall, J.D., Sale, D.G. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. Medicine and Science in Sports and Exercise, 22(5), 605-614. https://doi.org/10.1249/00005768-199010000-00011
105. Rebai, H., Barra, V., Laborde, A., Bonny, J.M., Poumarat, G., Coudert, J. (2002). Effects of two electrical stimulation frequencies in thigh muscle after knee surgery. International Journal of Sports Medicine, 23(8), 606-609.
106. Riffenburgh, R.H. (2006). Tests on the Distribution Shape of Continuous Data. In Elsevier eBooks (pp. 369-386). https://doi.org/10.1016/b978-012088770-5/50060-5
107. Risberg, M, Mork, M., Jenssen, H.K., Holm, I. (2001). Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 31(11), 620-631. https://doi.org/10.2519/jospt.2001.31.11.620
108. Risberg, M., Eitzen, H., Moksnes, L., Snyder-Mackler. (2010), Progressive 5-Week Exercise Therapy Program Leads to Significant Improvement in Knee Function Early After Anterior Cruciate Ligament Injury. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 40(11), 705-721. https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3345
109. Risberg, M.A., Holm, I., Tjomsland, O., Ljunggren, A.E., Ekeland, A. (1999). Prospective study of changes in impairments and disabilities after anterior cruciate

ligament reconstruction. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 29(7), 400-412. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1999.29.7.400
110. Roi, G.S., Nanni, G., Tencone, F. (2006). Time to return to professional soccer matches after ACL reconstruction. Sport Sciences for Health, 1(4), 142-145. https://doi.org/10.1007/s11332-006-0025-8
111. Ross, M.D., Denegar, C.R., Winzenried, J.A. (2001). Implementation of open and closed kinetic chain quadriceps strengthening exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. Journal of Strength and Conditioning Research, 15(4), 466-473.
112. Rumpf, M.C., Lockie, R.G., Cronin, J.B., Jalilvand, F. (2016). Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances: a brief review. Journal of Strength and Conditioning Research, 30(6), 1767-1785. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001245
113. Sanders, T.L., Maradit Kremers, H., Bryan, A.J. (2016). Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. The American Journal of Sports Medicine, 44(3), 1502-7. https://doi.org/10.1177/0363546516629944
114. Sbenghe, T. (1981). Prevenirea suferințelor musculo-articulare. Editura Madicală, 1981
115. Schmitdmann, U., Frosch, K.H., Sturmer, K.M. (2001). Is prolonged ambulatory physical therapy after anterior cruciate ligament-plasty indicated? Comparison of costs and benefits. Der Unfallchirurg, 104(6), 513-518. https://doi.org/10.1007/s001130170114
116. Scuderi, G.R., McCann, P. (2004). A Comprehensive Approach (2nd editio), Sports Medicine Philadelphia: Mosby, 2004.
117. Secrist, E.S., Bhat, S.B., Dodson, C.C. (2016). The financial and professional impact of anterior cruciate ligament injuries in National Football League athletes. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 30(4), 2325967116663921.
118. Sharma, N., Classen, J., Cohen, L.G. (2013). Neural plasticity and its contribution to functional recovery. Handbook Clinical Neurology, 110, 3-12. doi:10.1016/B978-0-444-52901-5.00001-0.
119. Shelbourne, K.D., Gray, T., Haro, M. (2009). Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. American Journal of Sports Medicine, 37, 246-25.
120. Sinclair, J., Edmundson, C.J., Metcalfe, J., Bottoms, L., Atkins, S., Bentley, I. (2021). The effects of sprint vs. resisted sled-based training: an 8-week in-season randomized control intervention in elite rugby league players. International Journal of Environmental Research and Public Health, 202, 18:9241.
121. Sinclair, J.K., Atkins, S.J., Metcalfe, J., Edmundson, C.J. (2021). Effect of velocity-based loading on acceleration kinetics and kinematics during sled towing. The Journal of Strength and Conditioning Research, 35(4), 1030-1038. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002850
122. Solomon-Pârțac, S. (2022). Perspective de actualitate privind reabilitarea funcțională a pacientului cu reconstrucția ligamentului încrucișat anterior. Forumul Recuperării Fizice Medicale, Chișinău.
123. Sonnery-Cottet, B., Hopper, G.P., Gousopoulos, L., Vieira, T.D., Thaunat, M., Fayard, J.M., Freychet, B., Ouanezar, H., Cavaignac, E., Saithna, A. (2022). Arthrogenic Muscle Inhibition Following Knee Injury or Surgery: Pathophysiology, Clasification and

Treatment. Video Journal of Sports Medicine, 2, 263502542210862. https://doi.org/10.1177/26350254221086295
124. Sonnery-Cottet, B., Saithna, A., Quelard, B., Daggett, M., Borade, A., Ouanezar, H., Thaunat, M., Blakeney, W.G. (2019). Arthrogenic Muscle Inhibition after ACL Reconstruction: A Scoping Review of the Efficacy of Intervention. British journal of sports medicine, 53(5), 289-298. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098401
125. Stănescu, M., Timnea, A.C., Ulăreanu M.V., Potop, V., (2019). Postoperative rehabilitation using the means of fitness in the ligamentoplasty of ACL rupture in the knee. Journal of Physical Education and Sport. Journal of Physical Education and Sport, Vol 19 (Supplement issue 6), 2292 – 2296, ISSN: 2247 - 806X; p-ISSN: 2247 – 8051; ISSN - L = 2247 - 8051 © JPES
126. Stoehr, A., Mayr, H., Wondrasch, B., Fink, C. (2014). Rehabilitation and Return to Sports. In: Siebold, R., Dejour, D., Zaffagnini, S. (eds) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-45349-6_42
127. Sun, J., Kong, M., Pal, S. (2021). The Modified-Half-Normal distribution: Properties and an efficient sampling scheme. Communications in Statistics – Theory and Methods, 52(5), 1591-1613. https://doi.org/10.1080/03610926.2021.1934700
128. Swenson, D., Collins, C., Best, T., Flanigan, D., Fields, S., Comstock, R. (2013). Epidemiology of knee injuries among U.S. high school athletes, 2005/2006-2010/2011. Medicine and science in sports and exercise, 45(3), 462-469. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318277acca
129. Thomas, K., Brownstein, C.G., Dent, J., Parker, P., Goodall, S., Howatson, G. (2018). Neuromuscular fatigue and recovery after heavy resistance, jump, and sprint training. Medicine and Science in Sports and Exercise, 50, 2526-2535.
130. Thomee, R., Kaplan, Y., Kvist, J., Myklebust, G., Risberg, M.A., Theisen, D., Tsepis, E., Werner, S., Wondrasch, B., Witvrouw, E. (2011). Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA, 19(11), 1798-1805. https://doi.org/10.1007/s00167-011-1669-8
131. Thorlund, J.B., Aagaard, P., Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. International Journal of Sports Medicine, 30, 273-278. https://doi.org/10.1055/s-0028-1104587
132. Timothy, E., Gregory, D., Myer, M.S., Kevin, R., Ford, M.S. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female Athletes – Part 1, Mechanisms and Risk Factors. The Americaan journal of sports medicine, 34(2).
133. Tzatzakis, T., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Tsimeas, P., Kritikos, S., Poulios, A., Laschou, V.C., Deli, C.K., Chatzinikolaou, A., Batrakoulis, A., Basdekis, G., Mohr, M., Krustrup, P., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I.G. (2019). Recovery kinetics after speed-endurance training in male soccer players. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2019
134. Van Dyk, N., Behan, F. P., Whiteley, R. (2019). Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. British journal of sports medicine, 53(21), 1362–1370. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100045

135. Van Grinsven, S., van Cingel, R.E., Holla, C.J., van Loon, C.J. (2010). Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, https://doi.org/10.1007/s00167-010-1100-x
136. Van Mechelen, W., Hlobil, H., Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 14(2), 82–99. https://doi.org/10.2165/00007256-199214020-00002
137. Van Melick, N., Van Cingel, R.E.H., Brooijmans, F. (2016). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus British Journal of Sports Medicine, 50, 1506-1515.
138. Van Melick, N., Van Rijn, L., Nijhuis-van der Sanden, M.W.G., Hoogeboom, T.J. (2019). Fatigue affects quality of movement more in ACL-reconstructed soccer players than in healthy soccer players. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 27(2), 549-555. https://doi.org/10.1007/s00167-018-5149-2
139. Vasilescu, T., Aguciu, M., Trușcă, B. (2022). Implementarea criteriilor funcționale pentru revenirea la sport. Forumul Recuperării Fizice Medicale, Chișinău.
140. Walden, M., Hagglund, M., Magnusson, H., Ekstrand, J. (2016). ACL injuries in men s professional football: a 15-year prospective study on time trends and return -to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. British Journal of Sports Medicine, 50, 744-750.
141. Walden, M., Hagglund, M., Magnusson, H., et al. (2011). Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 19, 11-9. https://doi.org/10.1007/s00167-010-1170-9
142. Ward, C., Cathain, C.O., Cheilleachair, N.N., Grassick, S., Kelly, D.T. (2023). Does resisted sprint training improve the sprint performance of field-based invasion team sport players? a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 54(3), 659-672. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01952-8
143. Webster, K.E., Nagelli, C.V., Hewett, T.E., (2018). Factors Associated With Psychological Readiness to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. American Journal of Sports Medicine, 46, 1545-50. https://doi.org/10.1177/0363546518773757
144. Weisberg, H.F. (1992). Central Tendency and Variability, Sage University, Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, ISBN 0-8039-4007-6 p.2
145. Wells, L., Dyke, J.A., Albaugh, J., Ganley, T. (2009). Adolescent anterior cruciate ligament reconstruction: a retrospective analysis of quadriceps strength recovery and return to full activity after surgery. Journal of Pediatric Orthopaedics, 29, 486-489.
146. Wiggins, A.J., Gradhi, R,K., Schneider, D.K., Stanfield, D., Webster, K.E., Myer, G.D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. The American journal of sports medicine, 44(7), 1861-1876. https://doi.org/10.1177/0363546515621554
147. Wild, J.J., Bezodis, I.N., North, J.S., Bezodis, N.E. (2018). Differences in step characteristic sand linear kinematics between rugby players and sprinters during initial sprint acceleration. European Journal of Sport Science, 18(10), 1327-1337. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1490459

148. Wilk, K.E., Macrina, L.C. (2012). Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 42(3), 153-171. https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3741
149. Wilk, K.E., Romaniello, W.T., Soscia, S.M., Arrigo, C.A., Andrews, J.R. (1994). The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 20, 60-73.
150. Wojtys, E.M., Huston, L.J. (2000). Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. American Journal of Sports Medicine, 28, 336-344.
151. Wojtys, E.M.. Brower, A.M. (2010). Anterior cruciate ligament injuries in the prepubescent and adolescent athlete: clinical and research considerations. Journal of athletic training, 45(5), 509-512. https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.5.509
152. Wright, R. W., Haas, A.K., Anderson, J., Calabrese, G., Cavanaugh, J., Hewett, T.E., Lorring, D., McKenzie, C., Preston, E., Williams, G., MOON Group (2015). Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: MOON Guidelines. Sports health, 7(3), 239-243. https://doi.org/10.1177/1941738113517855
153. Wright, R. W., Magnussen, R. A., Dunn, W. R., Spindler, K.P., (2011). Ipsilateral graft and contralateral ACL rupture at five years or more following ACL reconstruction: a systematic review. J Bone Joint Surg Am.; 93(12):1159-65.
154. Xergia, S.A., McClelland, J.A., Kvist, J., Vasiliadis, H.S., Georgoulis, A.D. (2011). The influence of graft choice on isokinetic muscle strength 4-24 months after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery Sports Traumatol Arthroscopy; 19:768-780. https://doi.org/10.1007/s00167-010-1357-0
155. Yong Woo An. (2018). Evidence of Neuroplasticity and Neuroimaging Techniques following Anterior Cruciate Ligament Injury, Exercise Science, 27(3): 169-176.
156. Zabaloy, S., Carlos-Vivas, J., Freitas, T.T., Pareja-Blanco, F., Loturco, I., Comyns, T., Galvez-Gonzalez, J., Alcaraz, P.E. (2022). Muscle activity, leg stiffness and kinematics during unresisted and resisted sprinting conditions. The Journal of Strength and Conditioning Research, 36(7), 1839-1846. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003723
157. https://acltear.info/moon-knee-group/ 05.03.2023