

EVALUAREA REABILITĂRII POST OPERATORIE A LIA CU AJUTORUL SISTEMULUI BIODEX 3 PRO

EVALUATION OF REHABILITATION POST ACL RECONSTRUCTION USING BIODEX 3 PRO SYSTEM

POPESCU Maria Mădălina

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Echipamente pentru terapii de recuperare,
Anul de studii: I master, e-mail: medutkd@yahoo.ro

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Constantin DOGARIU**

ABSTRACT: The scope of this study is to evaluate the changes in time of muscular strength of knee joint before and after the reconstruction of anterior cruciate ligament (ACL) of physically active man and the estimation of the necessary time required until they can get back to their regular fitness activity. The muscular force of extension and flexion was measured for healthy and affected limbs at approximately 1.5 months before reconstruction, and at 3, 6, and 12 months after it. There were observed significant differences ($p \leq 0.05$) of the torque on extension and flexion and also of the strength ration of femoral biceps and quadriceps. These differences were noticed in all measurement stages. The obtained results reveal the fact that 12 months are not enough for returning to the initial strength level. The results helped with the evaluation of the rehab process and at optimizing the rehabilitation program.

CUVINTE CHEIE: Biodex 3 Pro, ligament încrucisat anterior, artroscop, cuplu forței, cuplu maxim

1. Introducere

O recuperare completa după o reconstrucție artroscopică de ligament încrucisat anterior este o prioritate atât pentru sportivi cât și pentru persoanele cu un stil de viață activ. Pe parcursul implementării protocoalelor de recuperare activă, numeroși cercetători au fost convinși că șase luni sunt suficiente pentru revenirea la forma precedentă accidentării. Acest punct de vedere nu este însă complet acceptat, iar rezultatele anumitor studii au demonstrat faptul că cinematica unei articulații reconstruite și deficitul de forță a cvadriicepsului se observă chiar și după un an sau mai mult timp după reconstrucție.

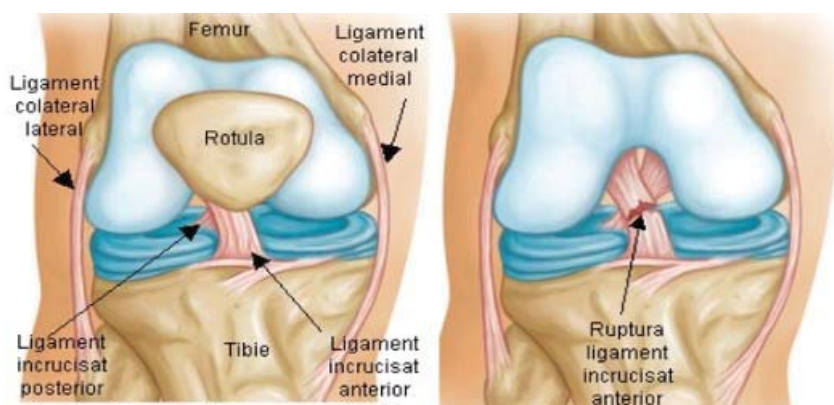


Fig. 1 Anatomia ligamentului încrucisat anterior și ruptura acestuia

O persoană se poate întoarce la sport sau la activitate fizică intensivă atunci când recuperarea este confirmată. Pentru a lua o astfel de hotărâre, medicii aplică standardul și scarile de măsură Lysholm și Gillquist sau Tegner. De asemenea se poate utiliza și un artrometru. Ambele scări de referință, sunt totuși subiective prin natura lor iar măsurătorile de laxitate a genunchiului pot să fie corelate cu nivelul de funcționare a genunchiului. Concluziunile unui certificat medical poate fi întărită cu ajutorul unor teste biomecanice. În general, forțele și momentele care apar prin mișcarea genunchiului sunt măsurate cu ajutorul dinamometrelor.

Cuplul forțelor este deseori măsurat în condiții isocinetice, aceasta fiind o metodă tradițională cu aplicații multiple. Cu toate acestea, informații adiționale pot fi obținute prin examinarea caracteristicilor în funcție de poziție (fig.2).



Fig. 2 Măsurarea cuplului forței genunchiului cu Sistemul Biodex Pro 3

În lucrările de specialitate studiate în bibliografie, sarcinile la care sunt supuse articulațiile genunchiului după reconstrucția artroscopică a ligamentului încrucișat anterior, pot fi măsurate în una sau două stadii post operatorii. Pentru a putea determina în mod precis momentul reînceperii activității sportive complete, forța flexorilor și extensorilor articulației genunchiului trebuie măsurate în mod regulat, conform unui program stabilit în prealabil. În majoritatea studiilor, se discută despre măsurarea cuplului maxim, caracteristica ce este eterogenă în funcție de sex și vârstă.

Ciclul de testare biomecanică în 4 etape propus în această lucrare diferă de metodele sugerate în literatura de specialitate prin modalitatea de măsurare a momentului și a poziției aferente genunchiului, caracteristici monitorizate în rândul subiecților studiului. O altă trăsătură a acestui ciclu complex constă în monitorizarea procesului de tratare de la momentul în care pacientul primește recomandarea de operație până la un an după reconstrucție. În contrast cu grupurile de subiecți din alte studii unde sunt investigați sportivi de performanță, grupul pe care s-a făcut studiul a fost un grup omogen, alcătuit din persoane considerate active fizic dar nu din sportivi de performanță.

Scopul studiului a fost concentrat pe evaluarea modificărilor în timp a forței musculare isocinetice a articulației genunchiului după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior asupra bărbaților cu un stil de viață activ din punct de vedere fizic și determinarea momentului întoarcerii la activitățile fizice precedente. S-a luat în considerare faptul că o perioadă de șase luni este insuficientă pentru ca bărbații activi fizic să se întoarcă la nivelul de activitate pre-accidentare. Astfel cuplul forțelor articulației genunchiului va fi cu 10% mai mic decât înainte de accidentare. De asemenea s-a presupus că vor fi diferențe substanțiale ale rezultatelor măsurătorilor în diferitele etape ale recuperării.

2. Materiale si Metode – Subiectii

Grupul tinta a fost format din 29 barbati avand: varsta 27 +/- 5 ani; inaltime 1.75 +/- 5 cm; masa medie masurata de 80 +/- 10 kg; au avut interventie de reconstructie a ligamentului incrucisat anterior dupa o accidentare in activitate recreationala; anterior operatiei, toti subiectii au facut recuperare initiala in scopul obtinerii extensiei complete.

Cand acestia nu au mai avut simptome de durere si inflamatie, a fost posibila masurarea cuplului de forte corespunzator articulatiei genunchiului in flexie si extensie, la aproximativ o luna si jumatate de la accidentare, dupa interventia artroscopica. Reconstructiile artroscopice ale ligamentului incrucisat anterior au fost facute urmand aceeasi procedura anatomica, folosind autogrefe de tendon prelevate din biceps. Insertia a traversat partea afectata a ligamentului astfel incat sa se preserve cat mai mult posibil din ligamentul nativ. Grefele au fost fixate in asa fel incat contactul cu ambele capete osoase sa fie cat mai mare cu putinta.

3. Masuratorile

Forta musculara isokinetica a articulatiei genunchiului a fost masurata in 4 etape: inainte de operatie; la 3 luni de la operatie; la 6 luni de la operatie; si la 12 luni de la operatie.

Masuratorile au fost efectuate cu ajutorul sistemului dinamometric Biodex System 3 PRO (Biodex Medical Systems Inc.). Pacientii au efectuat o incalzire de 5 minute pe un cicloergometru inainte de efectuarea masuratorilor. Apoi, au stat in pozitie de sezut pe un scaun unde au fost stabilizati cu centuri conform recomandarii fabricantului. Raza de miscare a articulatiei a fost limitata la 90 de grade, iar membrul sanatos a fost testat primul. Cuplul articulatiei genunchiului in flexie si extensie a fost evaluat in conditii isokinetice cu valori comune ale vitezei unghiulare de 60 respectiv 180 grade/s.

Testul include 5 miscari de flexie si de extensie la viteze de 60 de grade/s si 10 miscari la 180 de grade/s precedate de 3 incercari de incalzire la nivel moderat.

Spre analiza s-au folosit doar acele miscari ale extensorilor si flexorilor in care pacientii au obtinut cuplul muscular maxim.

Daca cuplul maxim determinat difera cu mai mult de 15% fata de restul masuratorilor acestea se vor repeta dupa o pauza de 15 minute. S-a confirmat aceasta metoda prin compararea celor doua valori maxime ale fiecarei incercari. Coeficientii de corelatie calculati astfel au variat intre 0.96 si 0.98. Aceste valori au acelasi nivel de magnitudine ca si cele obtinute prin masuratorile cu ajutorul dinamometrului Biodex care a oscilat intre 0.93 si 0.98 la viteze de 60 respectiv 180 de grade/s.

4. Procesarea datelor

Masuratorile captate cu ajutorul dinamometrului Biodex au fost filtrate cu un filtru trece-jos Butterworth la o frecventa de taiere de 25 Hz. Aceasta frecventa de taiere a fost selectata pentru ca posibilele perturbari / oscilatii ale cuplului muscular datorate structurii genunchiului afectate de operatie sa fie inregistrate. Curbele cuplu-pozitie au fost obtinute din datele filtrate. Momentul datorat fortei gravitationale a piciorului a fost eliminat din masuratori.

Unii pacienti nu au reusit sa miste membrele inferioare pe toata raza de miscare. Toate curbele au fost normalizate astfel incat sa se poata face comparatia intre pacienti. Raza de miscare efectiva a fost inlocuita cu unitati-lungime iar cuplul fortei a fost masurat in 101 puncte distribuite uniform pe raza de miscare cu ajutorul interpolarii.

La o viteza unghiulara de 180 de grade/s, majoritatea caracteristicilor, in special cele ale flexorilor sunt impactate in mod semnificativ de fortele de inertie ce apar atat in faza initiala cat si in cea finala a ciclului de flexie.

Pentru a putea alege cuplul maxim pentru analiza statistica, variatiile vitezelor unghiulare au fost diferite numerice.

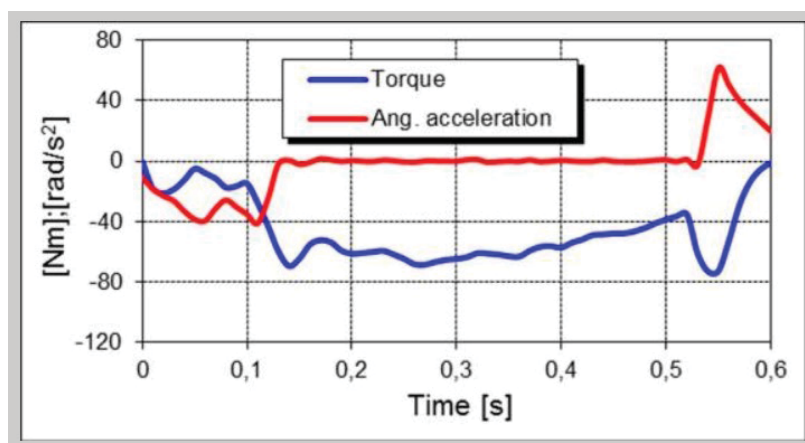


Fig 3. Corectia momentului gravitacional si acceleratia unghiulara a genunchiului

Dupa ce aparatul a fost calibrat au fost determinate efectele inertiiale in timp. In cazul prezentat in figura 3, valoarea cuplului flexiei de abscisa 0.14 a fost selectata ca si valoarea maxima.

5. Analiza statistica si rezultatele cercetarii

Cuplurile maxime, raportul biceps / cvadriceps si functionarea normalizata a musculaturii genunchiului au fost analizate statistic cu scopul de a gasi diferentele semnificative intre acestea in diferite etape ale recuperarii.

In primul rand datele experimentale procesate au fost verificate cu ajutorul distributiilor omogene Shapiro-Wilk. Tabelul 1 arata media valorilor cuplului maxim pentru extensia si flexia genunchiului la o viteza unghiulara de 60 de grade/s atat pentru membrul sanatos cat si pentru cel ce a suferit operatia de reconstructie in diferitele etape ale recuperarii.

In cazul membrului accidentat, valoarea cuplului a crescut cu 27% pentru extensori si cu 8% pentru flexori intre luna a 3-a si luna a 6-a dupa operatia de reconstructie. Se observa lipsa unor diferente semnificative intre prima si a doua etapa dar si intre a treia si a patra.

Nu s-au observat diferente semnificative pentru membrul sanatos. Raportul cuplului extensor maxim intre membrul afectat si cel sanatos in cele 4 etape a fost: 0.73 +/- 0.19; 0.63 +/- 0.18; 0.78 +/- 0.16; 0.85 +/- 0.14.

Deficitul de forta a extensorului a fost statistic semnificativ in fiecare dintre cele 4 etape. Raportul cuplului flexor maxim intre membrul afectat si cel sanatos in cele 4 etape a fost: 0.83 +/- 0.18; 0.81 +/- 0.17; 0.92 +/- 0.11; 0.96 +/- 0.10.

Tabelul 1. Raportul cuplului fortei extensorului si flexorului dintre membru afectat si cel sanatos la viteza unghiulara de 60 de grade/s

	Extension			Flexion		
	ACLR	Uninvolved	Difference	ACLR	Uninvolved	Difference
Stage 1	150.99 ± 42.87 ⁴ →	← 206.83 ± 45.37	26%	-83.45 ± 20.69 ^{3;4} →	← -100.54 ± 26.19	17%
Stage 2	131.06 ± 43.35 ^{3;4} →	← 208.00 ± 41.68	37%	-84.01 ± 22.88 ^{3;4} →	← -103.72 ± 23.72	19%
Stage 3	166.55 ± 48.11 ² →	← 213.50 ± 40.51	22%	-99.25 ± 23.03 ^{1;2}	-107.88 ± 25.03	8%
Stage 4	186.80 ± 39.19 ^{1;2} →	← 219.84 ± 36.62	15%	-105.99 ± 20.88 ^{1;2}	-110.41 ± 21.75	4%

Media cuplului extensie flexie maxim la viteza unghiulara de 180 de grade/s nu a variat semnificativ intre etapele studiului dupa cum se poate observa in tabelul 2. Nici asupra membrului sanatos nu au fost

observate diferite semnificative. Raportul cuplului extensor maxim între membrul afectat și cel sănătos în cele 4 etape a fost: 0.80 +/- 0.23; 0.70 +/- 0.21; 0.83 +/- 0.16; 0.89 +/- 0.17.

Deficitul de cuplu extensie-flexie de forță a extensorului a fost statistic semnificativ în toate cele patru etape ale recuperării. Raportul cuplului flexor maxim între membrul afectat și cel sănătos în cele 4 etape a fost: 0.90 +/- 0.22 ; 0.85 +/- 0.23 ; 0.94 +/- 0.12 ; 0.97 +/- 0.13.

Deficitul de forță a fost semnificativ doar în a doua etapă a recuperării.

Tabelul 2. Raportul cuplului forței extensorului și flexorului dintre membru afectat și cel sănătos la viteza unghiulară de 180 de grade/s

	Extension			Flexion		
	ACLR	Uninvolved	Difference	ACLR	Uninvolved	Difference
Stage 1	94.69 ± 27.29 ⁴ →	←118.36 ± 29.13	20%	-63.17 ± 22.25 ⁴	-70.19 ± 20.66	10%
Stage 2	92.45 ± 30.35 ⁴ →	←132.07 ± 32.86	30%	-68.19 ± 23.94	-80.22 ± 21.15	15%
Stage 3	105.31 ± 32.60 →	←126.81 ± 28.13	17%	-76.94 ± 18.83	-81.85 ± 21.12	6%
Stage 4	119.01 ± 29.88 ^{1;2} →	←133.71 ± 30.03	11%	-80.13 ± 19.99 ¹	-82.61 ± 22.56	3%

Tabelul 3 reprezintă raportul biceps / cvadriceps (B/C) obținut în măsurătorile efectuate în timpul recuperării. Această variabilă este utilizată în mod obișnuit pentru interpretarea rezultatelor măsurătorilor isokinetică. Indiferent de viteza unghiulară, se poate observa o creștere substanțială a raportului B/C în etapă a doua a perioadei de recuperare. Totuși, nu au fost diferențe statistice semnificative a raportului B/C între etape. Diferența B/C între membrul implicat și cel sănătos a fost semnificativă doar în etapă a doua.

Curbele cuplu/poziție pentru membrul afectat măsurate la o viteza unghiulară de 60 de grade/s înainte de reconstrucția ligamentului încrucișat anterior sunt prezentate în figura 4. Linia mai groasă reprezintă curba rezultată. O diversitate ridicată a cuplurilor maxime cu valori între 50 și 250 Nm este clar vizibilă. Unele dintre caracteristici oscilează pe întreaga rază de mișcare în timp ce altele sunt curbe concave distincte în fază descendentă după atingerea punctului maxim. Cuplul maxim mediu al extensorilor genunchiului procesate pentru etapele particulare ale ciclului de recuperare confirmă faptul că după reconstrucție cuplul a scăzut fiind urmat de o creștere constantă.

Valorile maxime ale cuplului au fost identificate în prima treime a razei de mișcare indiferent de etapă de reabilitare în care s-a efectuat testul.

Conform acestor valori, rata de creștere și descreștere a cuplului pe extensie diferă în mod special între etapă a 2-a și a 4-a.

Caracteristicile cuplu-poziție a mușchilor flexori implicați în articulația genunchiului măsurati la o viteza unghiulară de 60 de grade/s măsurate înaintea reconstrucției (fig 4, dreapta sus) indică o diversitate semnificativă între subiecți. Valorile maxime ale momentului variază între -40 Nm și -140 Nm.

Unele dintre curbe au structuri oscilante pe toată raza de mișcare, atât pentru flexori cât și pentru extensori. Extremele locale ale graficului sunt generate de forțele inertiiale și se observă îndeosebi la cea mai mică și cea mai mare rază de mișcare.

Diferențe usoare ale momentului în flexie se observă între primele două și ultimele două etape (Fig. 4 dreapta jos), în timp ce o creștere semnificativă se observă în etapă imediat următoare (între 2 și 3).

Tot în figura 4 dreapta jos se observă cum rata de creștere și descreștere a momentului maxim al flexiei depinde de etapă de recuperare pe parcursul unui an.

Contrar caracteristicii prezentate precedent a extensorilor, o orientare clară a cuplului maxim către dreapta poate fi observată după etapă 1.

O similaritate între momentele măsurate în flexie se poate observa pentru primele două etape, subliniind faptul că forța flexorilor nu a fost afectată în ciuda faptului că au suferit o intervenție chirurgicală pentru prelevarea grefei.

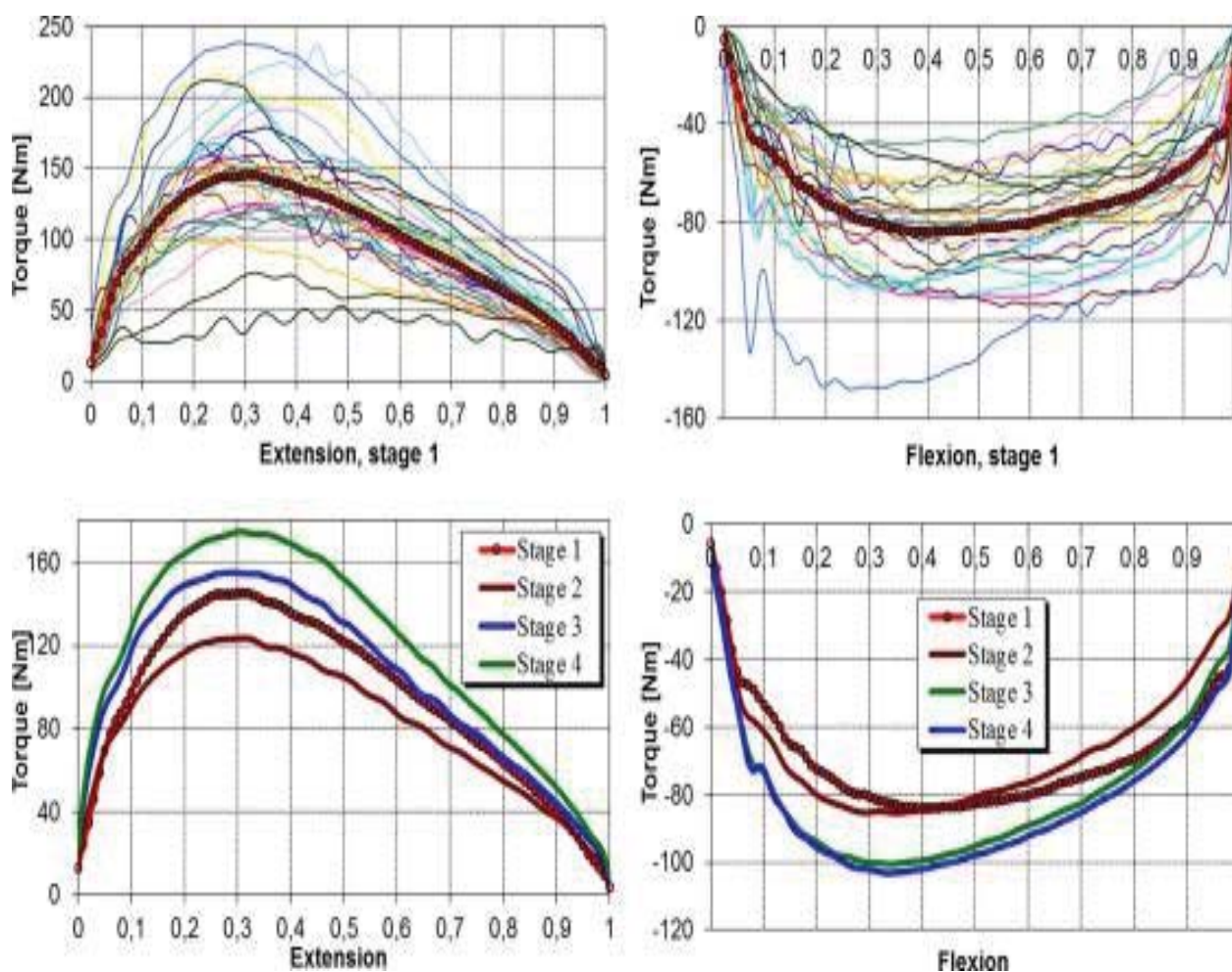


Fig. 4 . Momentul masurat in extensie si in flexie pe parcursul celor 4 etape. Viteza unghiulara 60 grade/s

Curbele cuplului de forte pentru diferite pozitii masurate pentru membrul afectat la o viteza unghiulara de 180 de grade/s inainte de reconstructie sunt prezentate in figura 4, stanga sus. Trebuie remarcat faptul ca plaja de valori ale momentelor maxime inregistrate este intre 25 Nm si 160 Nm. Din nou se poate observa influenta fortelor inerziale si faptul ca in partea finala a miscarii oscilatiile sunt chiar mai vizibile comparativ cu masuratorile la 60 de grade/s.

Graficul moment cuplului de forte pentru extensori (fig. 5 stanga jos) denota clar faptul ca cea mai mare crestere a momentului apare in etapa a 3-a. Rata de crestere si descrestere a momentului difera in mod special in etapele 1 si 4.

Doua extreme locale pot fi observate la inceputul si sfarsitul razei de miscare ceea ce confirma influenta fortelor de inertie la inceputul si finalul miscarii.

Caracteristicile nu au relevat o scadere clara a valorilor cuplului intre prima si a doua etapa, similar cu masuratorile la viteza de 60 de grade/s. Aceasta inseamna ca scaderea semnificativa a fortei din cvadriceps nu a avut loc.

Caracteristica cuplu-pozitie a flexorilor inregistrata la viteza unghiulara de 180 de grade/s inainte de reconstructie este ilustrata in figura 5 dreapta sus. Aproape toate curbele contin oscilatii considerabile cu frecventa si amplitudine mai mari decat in cazul extensorilor pentru aceeasi viteza unghiulara. Valorile cuplului maxim oscileaza intre 20 Nm si 120 Nm. In etapa finala a miscarii, influenta fortelor de inertie este din nou evidenta. In figura 5, dreapta jos, sunt prezentate caracteristicile cuplu-pozitie pe parcursul celor 4 etape ale recuperarii. Diferente usoare sunt vizibile intre cubele ultimelor doua etape insa o crestere considerabila se observa intre luna a 3-a si cea a 6-a dupa reconstructia de ligament.

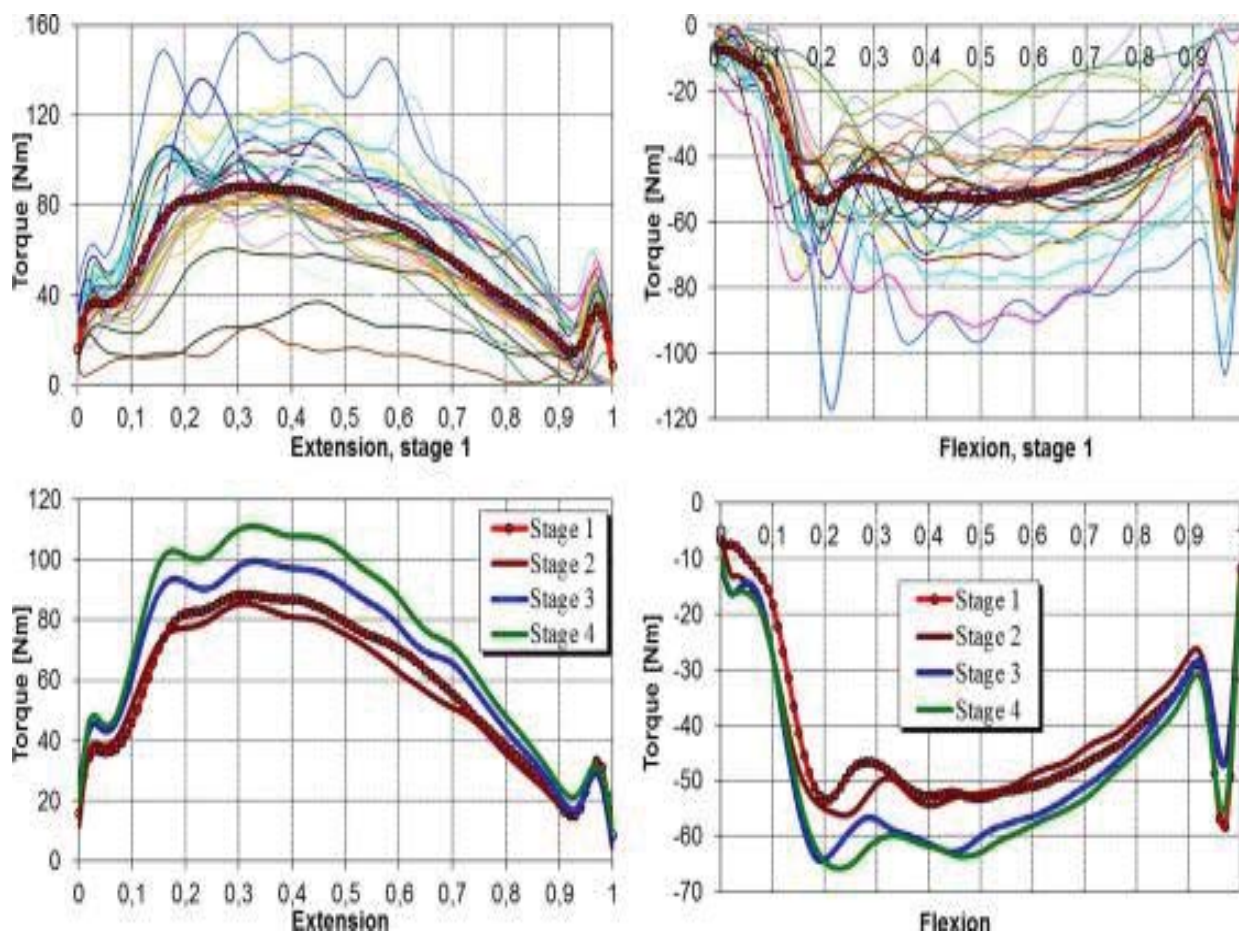


Fig. 5 Cuplul in extensie si in flexie pentru cele 4 etape la viteza unghiulara 180 grade/s

Tabel 3. Functionarea normalizata a musculaturii in etapele de recuperare

	Angular velocity 60 deg/s		Angular velocity 180 deg/s	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion
Stage 1	94.90 ± 26.73 ⁴	68.65 ± 19.12 ⁴	59.70 ± 19.11 ⁴	42.35 ± 13.35
Stage 2	83.23 ± 28.09 ^{3;4}	66.92 ± 20.11 ^{3;4}	57.03 ± 19.30 ⁴	42.77 ± 16.58
Stage 3	104.70 ± 28.95 ²	79.59 ± 17.91 ²	68.16 ± 21.88	48.13 ± 11.45
Stage 4	118.81 ± 24.91 ^{1;2}	82.24 ± 16.55 ^{1;2}	75.51 ± 18.02 ^{1;2}	50.01 ± 11.01

Valorile medii sunt prezentate in tabelul 4. Analiza statistica a functionarii normalizate a musculaturii este confirmata in general de catre diferentele prezentate anterior la valori maxime ale cuplului, exceptie facand diferentele dintre etapele 1 si 3 la viteza unghiulara de 60 de grade/s ($p \leq 0.13$) si dintre etapele 1 si 4 la viteza mai mare ($p \leq 0.13$) pentru flexorii genunchiului.

6. Concluzii

Principalul scop al acestui studiu a constat în evaluarea schimbărilor în timp a forței isokinetice a mușchilor articulației genunchiului înainte și după reconstrucția ligamentului încrucișat anterior prin artroscopie.

S-au identificat cuplul maxim al forței extensorilor și flexorilor și s-au calculat cuplurile dezvoltate de către membrul sanatos și cel operat. S-au calculat rapoartele B/C (biceps cvadriceps) și caracteristica cuplu-pozitie în toate cele 4 etape ale recuperării.

Cuplul mediu la viteza de 60 de grade/s a crescut semnificativ pentru ambele grupe musculare în perioada dintre luna 3 și luna 6 post reconstrucție ceea ce indică importanța acestui plan de recuperare orientat pe forța musculară.

Evaluarea schimbărilor forței musculare isokinetice ale articulației genunchiului după reconstrucția artroscopica a ligamentului încrucișat anterior conform programului sugerat a făcut posibilă determinarea dinamicii acestui proces de recuperare.

La un an după reconstrucția ligamentului poate fi prea devreme ca pacientul să își reia activitatea completă.

Forța flexorilor și extensorilor articulației genunchiului a fost estimată la două viteze unghiulare. Concluziile care se pot deduce din analiza la 60 grade/s nu sunt complet similare cu cele obținute la 180 grade/s.

Cercetarea a fost făcută pe un grup omogen atât din punct de vedere al vârstei cât și al sexului. Aceste rezultate pot constitui informații utile pentru grupuri similare.

7. Bibliografie

- [1] Shelbourne KD, Nitz P. (1990) Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.*
- [2] Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, Kohler K, Karlsson J. (2003) Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized study with a two-year follow-up. *Am J Sports Med.*
- [3] Biodex 3 Pro Application Manual
http://www.biodex.com/sites/default/files/835000man_06159.pdf
- [4] Rosalie D., Gench. B, Hinson M. (1995) "Peak Torque Values of the Knee Extensor and Flexor Muscles of Females" <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.1985.7.2.65>
- [5] Reliability and validity of the Biodex System 3 Pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements https://www.researchgate.net/publication/9080673_Reliability_and_validity_of_the_Biodex_System_3_Pro_isokinetic_dynamometer_velocity_torque_and_position_measurements
- [6] Vogelpohl R., Wolz L., Neltner T., Burkharah Z., Bonner T. (2017) "Comparison of Isokinetic Knee Flexion and Extension Strength between Trained Dancers and Traditional Sport Female Collegiate Athletes"
- [7] <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2017&context=ijes>