

**“VICTOR BABEȘ” UNIVERSITY OF MEDICINE AND
PHARMACY TIMIȘOARA
FACULTY OF MEDICINE
DEPARTMENT XI PEDIATRICS**

NEGRU MARIUS



PhD THESIS

ABSTRACT

**EVALUATION OF PLANTAR PRESSURE, STABILOMETRY
AND THE ROLE OF REHABILITATION IN CHILDREN WITH
SURGICALLY TREATED SLIPPED CAPITAL FEMORAL
EPIPHYSIS**

**SCIENTIFIC COORDINATOR
PROF.UNIV. DR. HABIL. POPOIU CĂLIN MARIUS**

**Timișoara
2025**

INTRODUCTION

The evolution of medicine is closely linked to the level of research, which is an essential factor for improving medical and surgical treatments that precede the increase in the quality of life of patients.

Pediatric Orthopedics is one of the surgical branches that is in continuous development and that registers a rapid evolution. In recent years, new methods of diagnosis and treatment of various diseases and traumatic injuries of the musculoskeletal system have been widely implemented. Current treatments of musculoskeletal pathologies are based on new and profound studies of etiopathogenesis and morphopathology, the purpose of which is to obtain a maximum recovery of the patient's health.

Slipped capital femoral epiphysis is a condition that occurs in the proximal femur, it occurs through the superior and anterior displacement of the femoral neck (metaphysis) in relation to the proximal femoral epiphysis and acetabulum, it mainly affects patients in the 10-14 year old age group, most commonly overweight and obese patients.

The treatment of this condition is overshadowed by formidable and debilitating complications such as avascular necrosis of the femoral head and chondrolysis of the hip, which will determine the need for early hip replacement, but also by complications such as femoral-acetabular impingement which will determine movement limitations at the affected joint with gait disorders and which will gradually lead to the slow installation of hip arthrosis which in advanced cases has the indication of hip replacement at a young age. Thus, this pathology has not only a debilitating functional component but also a psycho-emotional one, having a major impact on the social life of an active teenager.

In the last 10 years, we have observed an alarming increase in this pathology in children around the age of 11-12. The number of cases diagnosed and treated in the Pediatric Orthopedics service of the "Louis Țurcanu" Children's Emergency Clinical Hospital in Timișoara has increased significantly in recent times.

The motivation for choosing this research topic came from the desire to recover the function of the affected hip, with a decrease in the complication rate and an increase in the quality of life of these children. Through the research topic proposed in this study, I want to contribute to the development and improvement of medical-surgical treatment methods for the child patient with hip pathology, so that the quality of life of the adult patient with this pathology is as good as possible, so that they can enjoy a life as close to normal as possible.

We have set ourselves the following objectives:

- evaluation and comparison of static plantar pressure under different test conditions;

- analysis of stabilometry data in this category of patients under different test conditions;
- analysis of the impact of early and sustained applied physiotherapy in the recovery of functionality in children with stable unilateral slipped capital femoral epiphysis operated on.

The current study demonstrated the effectiveness of using stabilometric measurements in relation to hip and knee muscle strength in children with surgically treated unilateral slipped capital femoral epiphysis as a method of evaluating the clinical and functional evolution of these patients. Physiotherapy, with individual exercises, applied early to children with surgically treated unilateral slipped capital femoral epiphysis, is recommended in the management of this pathology, with a role in increasing functionality and quality of life,

Through this work, I hope to contribute to completing the information and scientific data in the literature on the topic addressed, which has not been sufficiently analyzed and studied to date, as well as to improving the professional training and practical skills of young colleagues, the benefit being a documented approach and an adapted and adequate treatment with which the complication rate and the number of hip replacements in young patients in Romania will decrease.

Chapter 1. Embryology of the locomotor apparatus

Ontogenetic evolution of the locomotor apparatus is a complex process, which includes notocord formation, chondrogenesis, bone primordial formation and osteogenesis. The normal hip of the child is the result of a complex balance between the acetabulum and the growing proximal femur and local vascularization, which adapts to bone changes.

Hip development begins in the embryonic period, on a genetic template activated by a cascade of cellular signaling factors and continues in the fetal and infant period. Over time, hip development is influenced by a variety of biological and environmental factors. [5,10,11].

With the continuous growth and adaptation of the developing fetus in a closed space, the hip and knee of the fetus continue to flex until the adoption of the fetal position [13,14]. Hip development continues after birth. Acetabular growth is complex: triradiated cartilage contributes with 70%, increasing in both diameter and depth. The double growth plates allow circumferential expansion of the cavity to accommodate the growing femoral head at the interface between the pelvic bones and the triradial cartilage (10) and 16).

At the age of 5-7 years, ossification begins at the level of the large trochanter and is initially present directly above the trochanter growth cartilage. With the development, the ossification continues cephalad in the rest of the epiphysis. Ossification of the great trochanter occurs at the age of 14-16 years. The small trochanter does not usually ossify until adolescence. The merger takes place between 15 and 19 years [10].

Chapter 2. Anatomy of the hip joint

The hip joint is the joint between the pelvic belt and the free lower limb, being a spheroidal joint (enarthrosis). It is a complex, strong joint that supports the entire weight of the body, with an important role in stability and locomotion [10,18,19,20,21]. In order to facilitate the approach of this complex theme, we considered relevant the approach of the subject under the headings: bone anatomy, ligaments and capsules, neurovascular anatomy and muscle anatomy [10].

Chapter 3. Biomechanics of the hip joint

The understanding of human walking has progressed significantly from the first methods of chronophotography made by Etienne-Jules Marey(1880), which have enabled the capture of human movement, to performing electromyography, the use of force platforms and newer Artificial Intelligence (2024). The importance of hip biomechanics has become more and more evident with the development of walking laboratories, giving us a more accurate, but also more complex view of the in vivo function of the hip [35,36].

The stability of the hip joint depends mainly on the local configuration. The hip joint has the role to withstand all the stresses that are imposed on it during daily activities [45].

Nowadays, the analysis of hip movements, the calculation of angles and the planning of surgery are done with the help of computer and new methods of artificial intelligence.

Chapter 4. Epiphysiolysis of the femoral head

Slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is the displacement of the femoral metaphysis in relation to the superior epiphysis of the femur in the growth cartilage due to its damage. Slipped capital femoral epiphysis is a common pathology of the hip in preadolescents and adolescents. This pathology often occurs in a teenager who complains of atraumatic pain in the hip, thigh or knee, which may be associated with limping or inability to bear weight. Most cases are idiopathic. Often, there is no history of trauma or injury before the onset of symptoms [61,62].

The exact mechanism remains uncertain. It is assumed that displacement occurs due to a high physiological axial load transmitted through a relatively weakened growth cartilage. Conditions such as obesity increase mechanical weight and transmitted force, while certain endocrine or kidney disorders may contribute to the weakening of growth cartilage [66, 67]. Complications of slipped capital femoral epiphysis include stopping growth in the proximal femur due to premature closure of the growth cartilage thus resulting in limb inequalities,

osteonecrosis of the femoral head, chondrolysis, femuro-acetabular impingement, labral rupture, infection, chronic pain and development of SCFE in the contralateral hip.

Subsequent complications of SCFE include early-onset hip osteoarthritis. Osteonecrosis of the femoral head could result from the initial lesion, with a higher risk in cases of unstable SCFE [61].

Open reduction and internal fixation of the slipped epiphysis is known as the modified Dunn technique. Ganz modified Osteotomy Dunn and that should be the preferred method for treating moderate or severe SCFE. Studies on large cohorts showed no progression of hip osteoarthritis after surgery [91]. The arthroscopic procedure is an alternative to the classical techniques of realignment of the femoral head for the treatment of chronic and stable SCFE, which allows adequate access to the hip joint and proper reduction, with the theoretical advantage of faster recovery.

THE SPECIAL PART

The doctoral thesis had as subjects of the study children with slipped capital femoral epiphysis (SCFE), surgically treated by percutaneous screw in situ fixation of the femoral epiphysis. Despite its low incidence, this category of patients it is not commonly explored in research compared to dysplasia or congenital hip luxation. The approach of children with SCFE treated surgically (in terms of research) is an element of originality of the present thesis.

Three studies involving children with unilateral slipped capital femoral epiphysis are included in the special part of the thesis. This facilitated the conduct of comparative studies between the affected and healthy limb.

Chapter 5. Exploration of static planting pressure in various conditions in children with unilateral femoral head epiphysiolysis who have undergone surgical treatment

The main goals of treatment are to prevent progression of femoral epiphysis movement and reduce deformity by repositioning or osteotomy. The surgery involves fixing "in situ" by percutaneous screw.

MATERIAL AND METHOD

The study was conducted between October 2023 and December 2023. The participants were selected from patients addressing the Pediatric Orthopedics section of the Clinical Emergency Hospital for Children "Louis Turcanu" Timisoara.

The inclusion criteria were: patients suffering from unilateral slipped capital femoral epiphysis treated by surgery (in situ fixation with percutaneous screw) at least 3 months after surgery. The dominant member was determined to be the one that the participant self-declared as his preferred foot for kicks [107].

The exclusion criteria were: extra injuries; secondary avascular necrosis of the femoral head; secondary hip condylolysis; other musculoskeletal disorders; a history of neurological, vestibular disease; motor disorders or any other pathology that would affect their motor performance and the age less than 5 years old.

23 Children met the inclusion criteria. A child suffered from cerebral palsy and was excluded. Therefore, 22 patients were included in the study analysis. The sample size was calculated using G*Power 3.1.9.7 (Heinrich-Heine-Universitaet, 120 Dusseldorf, Germany), with a significance level of 0.05 -0.95 power and an effect size of 0.8 [108].

Patient characteristics such as age, height, weight, body mass index, and length of limb were gathered.

The length of the limb was measured in cm in dorsal decubitus with a standard measuring tape from the antero-superior iliac spina to the medial ipsilateral malleola, on each lower limb. We have considered limb inequality. Was recorded the range of motion of both hips (flexion, extension, abduction, adduction, internal and external rotation evaluated with the hip at 90° flexion) .The amplitude of motion was measured by goniometry using a conventional manual goniometer. The method has high reliability when all six arches of hip movement are summed up.

The evaluation of the planting pressure will be carried out with the Chinesport device (PoDATA 2.0). The device detects the distribution of body weight at the 3 points (for each foot): metatars 1 head, metatars 5 head and heel. This evaluation includes the following analyses (with a duration of 20 seconds each): with eyes open, eyes closed, head rotated to the right/left, head tilted side right/left, head in hyperextension.

Determination of joint mobility and muscle strength was performed by using the joint and muscle balance.

The joint balance consists of measuring the movement amplitudes of the hip and knee joints using a goniometer (rapporteur 0-180°).

The muscle balance will be done by hand. It involves assessing the muscular strength of the lower limb muscles..

The muscle strength will be evaluated using a goniometer, which measures the volume of movement during flexion, extension, adduction, abduction, internal rotation, and external rotation of both hips.

The PoData plant pressure analysis system (Chinesport, Udine, Italy) has been used to assess plant pressure. This system provides information about the distributed weight

difference on the right and left foot [111,112]. Plantar pressure was recorded on three anatomical regions: the first and fifth metatarsal and the heel, both on the right foot and on the left foot [113].

The study calculated the percentage of body weight distribution in these three areas.

OUTCOMES

The time between surgery and evaluation ranged from 5 months to 4 years. 22 patients (63.6%) were tested between 5 months and 13 months after surgery. Another 8 children were evaluated between 36 and 48 months after the intervention.

There were no significant differences for the right and left foot loads and for the three weight distribution points, except for the fifth right metatarsal head (lower load in closed eye conditions) compared to the open eyes; $p=0.0068$), and the fifth left metatarsal head (increased load).

We found significant positive correlations between foot length difference and the left fifth metatarsal head load in the three evaluation conditions (open eyes, closed eyes and retroflexed head). There was also an indirect correlation between limb length difference and left heel load.

CONCLUSIONS

Analysis of static planting pressure in the evaluation of patients with slipped capital femoral epiphysis who received surgical treatment by precutaneous screw "in situ" fixation showed differences between the affected and healthy limb, even if the analysis was carried out at least 5 months after the intervention. This category of pediatric patients, after a successful surgical procedure, showed asymmetric foot loads that can have a major impact on static postural activities in various conditions (orthostatism with eyes open, closed or in retroflexed position of the head).

Chapter 6. Stabilometry in relation to the muscular strength of the hip and knee muscles in children with unilateral slipped capital femoral epiphysis treated chirurgically

INTRODUCTION AND OBJECTIVES

The unilateral slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is a common hip condition that occurs in children and adolescents. It is usually diagnosed in overweight male adolescents,

who experience pain in the groin, thigh or knee area and limp walking. To the examination of the hip are observed the limited flexion and internal rotation, as well as a decrease in the range of motion. Diagnosis is confirmed by an X-ray of the pelvis in “frog leg” position [129]. The aim of this study was to analyse the parameters of stabilometry in relation to the muscle strength of the main hip and knee muscle groups in surgically treated unilateral SCFE children.

We chose to evaluate the muscle strength of the hip and knee, as it is frequently diminished (both the affected and unaffected part) in orthopedic pathology of the hip joint. Another goal was to compare stabilometry in three different situations: with closed eyes, with open eyes, with the extension of the cervical spine.

MATERIAL AND METHOD

The current study was carried out between October 2023 and February 2024. Participants in this study were patients treated in the Pediatric Surgery and Orthopedics service of the Clinical Emergency Hospital for Children “Louis Turcanu” Timisoara. The inclusion criteria were: children with unilateral SCFE of the dominant lower limb, which required surgical treatment (percutaneous in situ fastening with a screw), 3 months after surgery. The dominant lower limb was established by the patient, as a member with whom he used to strike .

26 Patients participated in this study. The minimum sample size was 20 subjects. The sample size was calculated using G*Power (Heinrich-Heine-Universitaet, Dusseldorf, Germany); the significant level was 0.05, with a power of 0.95 and effect size of 0.8 [108].

Data from patients were as follows: age, height, weight, body mass index (Table 5). All patients had the right lower limb, the dominant member.

STABILOMETRY ASSESSMENT

Stabilometry was determined using the PoData system (Chinesport, Udine, Italy) [137]. Patients were examined barefoot (keeping the natural orthostatic position) without moving or speaking for 20 seconds. The examination was not valid if the patient moved the upper limb, lifted the leg, changed position, moved the head or spoke. Stabilometric data recorded were: the length described by the CP, the ellipse area described by the CP (with a confidence level of 90%) and the maximum CP speed [138]. The length described by the CP (measured in millimetres) is the movement of the participant's centre of gravity during the evaluation. The area of the CP ellipse (measured in mm²) is the area that contains all the points of the centre of gravity calculated and transferred into a Cartesian axis system, with a confidence level of 90%. The maximum speed of CP is the mean of the maximum displacement of the centre of gravity measured in millimetres/second.

Each subject was evaluated in three different situations: with eyes closed, eyes open and cervical spine in extension. Participants maintained the same leg position under the three assessment conditions.

ISOMETRIC MUSCLE STRENGTH ASSESSMENT

Isometric muscle strength was measured using MicroFet 2 dynamometry (Hoggan Health Industries, Draper, MA, USA) [139]. Measurements were made in the right and left lower limbs in the following order: right hip flexor muscles, left hip flexor muscles, right hip abductor muscles, left hip abductor muscles, right hip extensor muscles, left hip extensor muscles; right knee extensor muscles, left knee extensor muscles, right knee flexor muscles, left knee flexor muscles.

Isometric muscle strength (measured in Newton, N) was recorded for 5-6 seconds. Each evaluation was performed three times for each muscle group, then the average value was calculated.

The isometric muscle strength of the right hip and left hip, respectively the right and left knee, was compared using the unpaired t test. The t-pair test was used to compare data within the group (evaluation of stabilometry parameters under the three test conditions). A p-value below 0.05 was considered statistically significant. When analyzing the correlations between the stabilometric parameters in the open eye test condition and the isometric muscle strength of the hip and knee, we found statistically significant inverse correlations between the CP ellipse area and the left knee extensors, the right knee flexors and the left knee flexors, respectively. The greater the muscle strength of the knee flexors (affected and unaffected) and unaffected knee extensors, the smaller the area of the CP ellipse. There was also a statistically significant inverse correlation between the maximum CP speed and the muscle strength of the left knee extensors; a higher muscle strength of the unaffected knee extensors is related to a reduced CP speed.

CONCLUSIONS

In surgically treated unilateral SCFE children, although evaluated at least 4 months postoperatively, no statistically significant differences in muscle strength of the main hip and knee muscle groups were observed on the affected side compared to the healthy side. When comparing stabilometry in the three test situations (with eyes closed, eyes open and cervical spine in extension), the highest CP length values, CP ellipse area and maximum CP speed

were reported when testing with eyes closed. Better postural stability is in open-eyed and cervical spine testing in extension compared to closed-eyed evaluation.

Chapter 7. The role of physiotherapy recovery in the rehabilitation of children with surgical treatment of unilateral SCFE.

INTRODUCTION AND OBJECTIVES

Slipped capital femoral epiphysis (SCFE) is one of the most common pathologies of the hip with a growing incidence in recent years among adolescents. In general, the typical SCFE patient is an obese teenager who has hip pain, but this pathology can also occur in normoponderal children, which is why femoral epiphysiolysis should be part of the differential diagnosis in any immature skeletal patient who has hip or knee pain.

MATERIAL AND METHOD

The study was carried out in November 2023 – October 2024 at the Recovery Section of the Emergency Hospital for Children "Louis Turcanu" Timisoara and included 30 children with unilateral femoral epiphysiolysis operated in the Pediatric Orthopedics Section of the same hospital.

The inclusion criteria were: children with unilateral SCFE, the type of surgery was percutaneous "in situ" fixation, the affected leg was the dominant (affirmative) foot.

The exclusion criteria were: febrile or infectious diseases, neuro-psychiatric diseases, avascular necrosis of the femoral head, hip joint condrolysis, other musculoskeletal malformations with impact on stability and walking

The 30 patients who participated in the study were divided into 2 groups:

1:15 patients with SCFE who received a physiotherapy programme;

2:15 patients with SCFE who have not undergone physiotherapy and early recovery.

The distribution of patients in the two batches was made according to the compliance of children and caregivers to the proposed treatment.

The surgery was performed by the same pediatric orthopedic surgeon and the same technique was used in all 30 children: percutaneous screw "in-situ" fixation of SCFE.

All statistical analysis was done using GraphPad Prism 5.0 for Windows. Descriptively, the statistics were calculated for all variables (average and standard deviation). The normal distribution of values in this study was verified by the D'Agostino-Pearson Normal test.

Intragroup data (harris hip and BMI scores) were compared with the t-test for paired groups.

Intergroup data (differences between Harris hip and BMI scores between the two groups) were

compared with the t-test for unpaired groups. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

OUTCOMES

The Harris Hip score of the two preoperative groups, at one week and 3 months postoperatively are shown in Table 11. For both groups there were significant differences in the one-week assessment and repeat evaluation at 3 months. Harris Hip scores improved after the operation, with better functional results correlated with the physical recovery program.

Comparisons between the 2 patient groups of Harris Hip scores are included in Table 12. There were no significant differences between the two groups prior to surgery and after surgery at 1 week and 1 month evaluations. After 3 months, the Harris Hip score was significantly higher for Group 1, which followed a post-surgery exercise program with better functional results compared to group 2 that did not follow the rehabilitation program.

It was found that the effect size for this analysis ($d = 3.16$) exceeds Cohen's convention (1988) [167] for a large effect ($d = 0.8$).

We looked at BMI results and observed that patients in group 1 had statistically significantly lower values at the 3-month postoperative evaluation ($p = 0.0003$). For patients in group 2, there were no differences in BMI between the two assessments ($p=0.15$). (Table 5). In the 3-month assessment, the average BMI decreased by 1.77 for group 1 (the exercise group) and by only 0.12 for group 2 (the group not participating in the exercise programme).

CONCLUSIONS

Exercise done quickly after surgery in children with SCFE improves functionality, deformity and range of motion of the hip, relieves pain and increases quality of life. The daily long-term association of an exercise program, including those aimed at improving joint mobility and muscle endurance, combined with a progressive aerobic workout, has an impact on reducing the body mass index, as it is known that overweight is a factor involved in the aetiology of SCFE.

Multidisciplinary therapeutic approach, including early kinesiology applied to children with unilateral epiphysiolysis of femoral head treated surgically, is recommended in the management of this pathology, with the role, not only of medical nature, of increasing the functionality and quality of life, but also of socio-economic order.

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE „VICTOR
BABEȘ” TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MEDICINĂ
DEPARTMENTUL XI PEDIATRIE

NEGRU MARIUS



TEZĂ DE DOCTORAT REZUMAT

EVALUAREA PRESIUNII PLANTARE, STABILOMETRIEI ȘI
ROLUL RECUPERĂRII LA COPIII CU EPIFIZIOLIZĂ DE CĂP
FEMURAL TRATAȚI CHIRURGICAL

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
PROF.UNIV.DR. HABIL. POPOIU CĂLIN MARIUS

Timișoara
2025

INTRODUCERE

Evoluția medicinei este în strânsă legătură cu nivelul de cercetare care reprezintă un factor esențial pentru îmbunătățirea tratamentelor medicale și chirurgicale care preced creșterea calității vieții pacienților.

Ortopedia Pediatrică reprezintă una dintre ramurile chirurgicale aflată într-o continuă dezvoltare și care înregistrează o evoluție rapidă. În ultimii ani s-au implementat la scară largă noi metode de diagnostic și tratament ale diverselor maladii și leziuni traumatice ale aparatului locomotor. Tratamentele actuale ale patologiilor aparatului locomotor se bazează pe noi și profunde studii ale etiopatogeniei și morfopatologiei, al căror scop este de a obține o maximă recuperare a sănătății pacientului.

Epifizioliza capului femural este o afecțiune apărută la nivelul femurului proximal, se produce prin deplasarea superioară și anterioară a colului femural (metafiza) în raport cu epifiza femurală proximală și acetabulul, afectează îndeosebi pacienți în grupa de vârstă 10-14 ani, cel mai frecvent pacienți supraponderali și obezi.

Tratamentul acestei afecțiuni este umbrit de complicații redutabile și debilitante precum necroza avasculară de cap femural și condroliza șoldului, care vor determina necesitatea unei protezări precoce a șoldului, dar și de complicații, precum deplasarea femuro-acetabulară care va determina limitări de mișcare la nivelul articulației afectate cu tulburări de mers și care vor duce treptat înspre instalarea lentă a unei coxartroze care în cazurile avansate are ca indicație protezarea șoldului la vârste cât mai tinere. Astfel, această patologie nu are numai o componentă funcțională debilitantă ci și psiho-emoțională, având un impact major și asupra vieții sociale a unui adolescent activ.

În ultimii 10 ani, am observat o creștere alarmantă a acestei patologii la copii în jurul vârstei de 11-12 ani. Numărul cazurilor diagnosticate și tratate în serviciul de Ortopedie Pediatrică a Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii "Louis Țurcanu" Timișoara a crescut veriginos în ultima perioadă.

Motivația alegerii acestei teme de cercetare a venit din dorința de recuperare a funcției șoldului afectat, cu scăderea ratei complicațiilor și creșterea calității vieții acestor copii. Prin tema de cercetare propusă în acest studiu, doresc să-mi aduc contribuția la dezvoltarea și îmbunătățirea metodelor de tratament medico-chirurgical al pacientului-copil cu patologia șoldului, astfel încât calitatea vieții pacientului adult cu această patologie să fie cât mai bună, să se poată bucura de o viață cât mai apropiată de normal.

Ne-am propus următoarele obiective:

- evaluarea și compararea presiunii plantare statice în diferite condiții de testare;
- analizarea datelor de stabilometrie la această categorie de pacienți în diverse condiții de testare ;
- analiza impactului kinetoterapiei aplicate precoce și susținut, în recuperarea funcționalității copiilor cu epifizioliză femurală proximală unilaterală operată stabilă.

Studiul actual a demonstrat eficiența utilizării măsurătorilor stabilometrice în relație cu forța musculară a șoldului și genunchiului la copiii cu epifizioliză unilaterală de cap femural tratată chirurgical ca metodă de evaluare a evoluției clinice și funcționale a acestor pacienți. Kinetoterapia, cu exerciții individuale, aplicate precoce copiilor cu epifizioliză unilaterală de cap femural tratați chirurgical, este recomandată în managementul acestei patologii, cu rol de creștere a funcționalității și calității vieții.

Prin această lucrare, sper să contribui la completarea informațiilor și datelor științifice din literatură a temei abordate, care până în prezent, nu fost suficient analizată și studiată, cât și la îmbunătățirea pregătirii profesionale și a abilităților practice ale tinerilor colegi, beneficiul fiind o abordare documentată și un tratament adaptat și adecvat cu ajutorul căruia va scădea rata complicațiilor și numărul de endoprotezări ale șoldului la pacienții tineri din România.

Cuvinte cheie: epifizioliza capului femural, biomecanică, stabilometrie, presiune plantară, forță musculară, recuperare,

Teza de doctorat este împărțită clasic în două părți: partea generală care cuprinde patru capitole și partea specială care cuprinde trei capitole.

PARTEA GENERALĂ

Capitolul 1. Embriologia aparatului locomotor

Evoluția ontogenetică a aparatului locomotor este un proces complex, care cuprinde formarea notocordului, condrogeneza, formarea primordiilor oaselor și osteogeneza. Șoldul normal al copilului este rezultatul unui echilibru complex între acetabul și femurul proximal în creștere și vascularizația locală, care se adaptează modificărilor osoase.

Dezvoltarea șoldului începe în perioada embrionară, pe un șablon genetic activat de o cascadă de factori de semnalizare celulară și se continuă în perioada fetală și infantilă. În timp, dezvoltarea șoldului este influențată de o varietate de factori biologici și de mediu. [5,10,11].

Odată cu creșterea continuă și adaptarea fătului în curs de dezvoltare la un spațiu închis, șoldul și genunchiul fătului continuă să se flexeze până la adoptarea poziției fetale [13,14]. Dezvoltarea șoldului continuă după naștere. Creșterea acetabulară este complexă: cartilajul triradiat contribuie cu 70%, mărindu-se atât în diametru, cât și în adâncime. La interfața dintre oasele pelviene și cartilajul triradiat plăcile duble de creștere permit extinderea circumferențială a cavității pentru a găzdui capul femural în creștere [10,16].

La vârsta de 5-7 ani începe osificarea la nivelul trohanterului mare și este prezentă inițial direct deasupra cartilajului de creștere trohanteric. Odată cu dezvoltarea, osificarea continuă cefaloid în restul epifizei. Osificarea marelui trohanter apare la vârsta de 14-16 ani. Trohanterul mic nu se osifică de obicei până la adolescență. Fuziunea are loc între 15 și 19 ani [10].

Capitolul 2. Anatomia articulației șoldului

Articulația șoldului este articulația dintre centura pelvină și membrul inferior liber, fiind o articulație de tip sferoidal (enartroza). Este o articulație complexă, puternică, o articulație, care susține întreaga greutate a corpului, cu rol important în statică și locomoție [10,18,19,20,21]. Pentru a facilita abordarea acestei teme complexe am considerat relevant abordarea subiectului sub titlurile: anatomie osoasă, ligamente și capsulă, anatomie neurovasculară și anatomie musculară [10].

Capitolul 3. Biomecanica articulației șoldului

Înțelegerea mersului uman a progresat semnificativ de la primele metode de cronofotografie făcute de Etienne-Jules Marey(1880), care au permis surprinderea mișcării umane, până la efectuarea electromiografiei, folosirea platformelor de forță și mai nou a Inteligenței Artificiale (2024), pentru înțelegerea locomoției umane. Importanța biomecanicii șoldului a devenit din ce în ce mai evidentă odată cu dezvoltarea laboratoarelor de mers, oferindu-ne o vedere mai precisă, dar și mai complexă, a funcției in vivo a șoldului [35,36].

Stabilitatea articulației șoldului depinde în principal de configurația locală. Articulația șoldului este proiectată pentru a rezista la toate solicitările care îi sunt impuse în timpul activităților zilnice [45].

În zilele noastre, analiza mișcărilor șoldului, calcularea unghiurilor și planificarea intervenției chirurgicale se fac cu ajutorul computerului și mai nou prin inteligență artificială.

Capitolul 4. Epifizioliza capului femural

Epifizioliza capului femural (SCFE) reprezintă deplasarea metafizei femurale în raport cu epifiza superioară a femurului la nivelul cartilajului de creștere datorită afectării acestuia. Epifizioliza de cap femural este o patologie comună a șoldului la preadolescenți și adolescenți. Această patologie apare adesea la un adolescent ce se plânge de durere atraumatică a șoldului, coapsei sau genunchiului, care poate fi asociată cu șchiopătarea sau incapacitatea de a suporta greutatea. Majoritatea cazurilor sunt idiopatice. Adesea, nu există istoric de traumă sau rănire înainte de apariția simptomelor [61,62].

Mecanismul exact rămâne incert. Se presupune că deplasarea are loc datorită unei sarcini axiale fiziologice ridicate transmise printr-un cartilaj de creștere relativ slăbit. Condiții precum obezitatea cresc greutatea mecanică și forța transmisă, în timp ce anumite tulburări endocrine sau renale pot contribui la slăbirea cartilajului de creștere [66, 67].

Complicațiile epifiziolizei de cap femural includ oprirea creșterii la nivelul femurului proximal din cauza închiderii premature a cartilajului de creștere rezultând astfel inegalități de membre, osteonecroza capului femural, condroliză, impingement femuro-acetabular, rupturi labrale, infecție, durere cronică și dezvoltarea SCFE în șoldul contralateral. Complicațiile ulterioare ale SCFE includ osteoartrita de șold cu debut precoce. Osteonecroza capului femural ar putea rezulta din leziunea inițială, cu un risc mai mare în cazurile de SCFE instabile [61].

Reducerea deschisă și fixarea internă a epifizei alunecate este cunoscută ca și tehnica Dunn modificată Osteotomia Dunn modificată de Ganz ar trebui să fie metoda preferată pentru tratarea SCFE moderată sau severă. Studiile pe cohorte mari după o perioadă îndelungată de la intervenții nu au raportat nicio progresie a osteoartritei de șold [91].

Procedeele artroscopice sunt o alternativă la tehnicile clasice de realiniere a capului femural pentru tratamentul SCFE cronice și stabile, care permite accesul adecvat la articulația șoldului și reducerea corespunzătoare a alunecării, cu avantajul teoretic al recuperării rapide.

PARTEA SPECIALĂ

Teza de doctorat a avut ca și subiecți de studii copii cu epifizioliză de cap femural, tratați chirurgical prin fixare percutanată cu șurub *in situ* a epifizei femurale. Această categorie

de pacienți, deși nu reprezintă o incidență foarte scăzută, este abordată rar în cercetare comparativ cu displazia sau luxația congenitală de șold. Abordarea copiilor cu epifizioliză de cap femural tratați chirurgical (din punct de vedere al cercetării) reprezintă un element de originalitate al tezei de față.

Partea specială a tezei cuprinde 3 studii ce au inclus copii cu epifizioliză unilaterală de cap femural. Acest lucru a permis efectuarea de studii comparative între membrul afectat și cel sănătos.

Capitolul 5. Explorarea presiunii plantare statice în diferite condiții la copii cu epifizioliză de cap femural unilaterală care au urmat tratament chirurgical

Obiectivele principale ale tratamentului sunt de a preveni progresul deplasării epifizei femurale și de a reduce deformarea prin re poziționare sau osteotomie. Intervenția chirurgicală presupune fixare in situ prin surub percutanat.

MATERIAL ȘI METODĂ

Studiul a fost realizat în perioada octombrie 2023- decembrie 2023. Participanții au fost selectați dintre pacienții adresați secției de Ortopedie Pediatrică a Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii “Louis Țurcanu” Timișoara.

- ❖ **Criteriile de includere** au fost: pacienți suferinzi de epifizioliză unilaterală femurală unilaterală tratată prin intervenție chirurgicală (fixare *in situ* cu un șurub percutanat), la cel puțin 3 luni după operație. Membrul dominant a fost determinat cel pe care participantul l-a auto-declarat ca fiind piciorul său preferat pentru lovituri [107].
- ❖ **Criteriile de excludere** au fost:
 - leziuni suplimentare;
 - necroza avasculară secundară a capului femural;
 - condroliza secundară de șold;
 - alte afecțiuni musculo-scheletale;
 - în antecedente de boli neurologice, vestibulare;
 - tulburări motorii sau orice altă patologie care le-ar afecta performanța motorie;
 - vârsta mai mică de 5 ani

23 de copii au îndeplinit criteriile de includere. Un copil suferea de paralizie cerebrală și a fost exclus. Prin urmare, 22 de pacienți au fost incluși în analiza studiului. Dimensiunea

eșantionului a fost calculată utilizând G*Power 3.1.9.7 (Heinrich-Heine-Universität, 120 Düsseldorf, Germania), cu un nivel de semnificație de 0,05 -0,95 putere și o dimensiune a efectului de 0.8 [108].

Au fost colectate următoarele caracteristici ale pacienților: vârstă, înălțime, greutate, indicele de masă corporală, lungimea membrului

Lungimea membrului a fost măsurată în centimetri în decubit dorsal, de la spina iliacă antero-superioară până la maleola medială ipsilaterală, cu o bandă de măsurare standard, pe fiecare membru inferior. Am luat în considerare inegalitatea de membru. A fost înregistrată amplitudinea de mișcare a ambelor șolduri (flexie, extensie, abducție, adducție, rotația internă și externă evaluată cu șoldul la 90° de flexie).

Amplitudinea de mișcare a fost măsurată prin goniometrie folosind un goniometru manual convențional. Metoda are o fiabilitate ridicată atunci când toate cele șase arcuri de mișcare a șoldului sunt însumate.

Studiul implică determinarea următorilor parametri: presiunea plantară și mobilitatea articulară și forța musculară.

Evaluarea presiunii plantare va fi realizată cu aparatul Chinesport (PoDATA 2.0). Aparatul detectează distribuția greutății corporale la nivelul a 3 puncte (pentru fiecare picior): cap metatars 1, cap metatars 5 și călcâi. Această evaluare cuprinde următoarele analize (cu durata de 20 secunde fiecare): cu ochii deschiși, cu ochii închiși, cu capul rotat spre dreapta/stânga, cu capul înclinat lateral dreapta/ stânga, cu capul în hiperextensie.

Determinarea mobilității articulare și a forței musculare s-a efectuat folosind bilanțul articular și muscular.

Bilanțul articular constă în măsurarea amplitudinilor de mișcare la nivelul articulațiilor șoldurilor și genunchilor, cu ajutorul unui goniometru (raportor 0-180°).

Bilanțul muscular se va realiza prin efectuare manuală; constă în evaluarea forței musculare a musculaturii membrelor inferioare.

Forța musculară se va măsura cu ajutorul unui goniometru amplitudinea de mișcare în flexie, extensie, adducție, abducție, rotație internă și rotație externă a șoldului bilateral.

Sistemul de analiză a presiunii plantare PoData (Chinesport, Udine, Italia) a fost folosit pentru evaluarea presiunii plantare. Acest sistem oferă informații despre diferența de greutate distribuită pe piciorul drept și stâng [111,112].

Presiunea plantară a fost înregistrată pe trei regiuni anatomice: primul și al cincilea metatarsian și călcâiul, atât pe piciorul drept, cât și pe piciorul stâng [113].

Studiul a calculat procentul de distribuție a greutății corporale în aceste trei zone.

Toate analizele statistice au fost făcute folosind GraphPad Prism 5.0 pentru Windows. Statisticile au fost calculate pentru toate variabilele (medie și deviație standard).

Distribuția normală a valorilor în acest studiu a fost verificată prin Testul de normalitate D'Agostino-Pearson.

REZULTATE

Timpul dintre operație și evaluare a variat între 5 luni și 4 ani. Din cei 22 de pacienți (63,6%) testarea a avut loc între 5 luni și 13 luni după operație. Alți 8 copii au fost evaluați între 36 și 48 de luni de la intervenție.

La evaluarea diferențelor dintre condițiile de testare, nu au existat diferențe semnificative pentru încărcăturile piciorului drept și stâng și pentru cele trei puncte de distribuție a greutateii, cu excepția celui de-al cincilea cap metatarsian drept (încărcare inferioară în condiții de ochi închiși) în comparație cu ochii deschiși; $p=0,0068$), al cincilea cap metatarsian stâng (încărcare crescută).

Am găsit corelații pozitiv semnificative între diferența de lungime a piciorului și încărcarea celui de-al cincilea cap metatarsian stâng în cele trei condiții de evaluare (ochii deschiși, ochii închiși și capul retroflexat). S-a înregistrat și o corelație indirectă între diferența de lungime a membrelor și încărcarea călcâiului stâng.

CONCLUZII

Analiza presiunii plantare statice în evaluarea pacienților cu epifizioliză de cap femural, care au beneficiat de tratament chirurgical prin fixare în situ cu șurub precutamat a arătat diferențe între membrul afectat și cel sănătos, chiar dacă analiza a fost efectuată la cel puțin 5 luni de la intervenție. Această categorie de pacienți pediatrici, după o procedură chirurgicală de succes, a prezentat încărcături asimetrice ale piciorului care pot avea un impact major asupra activităților statice posturale în diferite condiții (ortostatism cu ochii deschiși, închiși sau în poziție retroflexată a capului).

Capitolul 6. Stabilometria în relație cu forța musculară a musculaturii șoldului și genunchiului la copiii cu epifizioliză unilaterală de cap femural tratată chirurgical

INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE

Epifizioliza unilaterală de cap femural este o afecțiune de șold comună ce se întâlnește la copii și adolescenți. De obicei, este diagnosticată la adolescenții de sex masculin supraponderali, care acuză durere în zona inghinală, coapsă sau genunchi și mers șchiopătat. La examinarea șoldului se observă flexia și rotația internă limitată cât și scăderea

amplitudinii de mișcare. Diagnosticul este confirmat printr-o radiografie de pelvis în poziție “frog leg” [129].

Scopul acestui studiu a fost analizarea parametrilor stabilometriei în relație cu forța musculară a principalelor grupe de mușchi ale șoldului și genunchiului la copiii cu SCFE unilaterală tratați chirurgical.

Am ales să evaluăm forța musculară a șoldului și a genunchiului, deoarece aceasta este frecvent diminuată (atât partea afectată cât și cea neafectată) în patologia ortopedică a articulației șoldului. Un alt obiectiv a fost compararea stabilometriei în trei situații diferite: cu ochii închiși, cu ochii deschiși, cu extensia coloanei cervicale.

MATERIAL ȘI METODĂ

Studiul actual a fost desfășurat în perioada octombrie 2023 - februarie 2024. Participanții la acest studiu au fost pacienții tratați în serviciul de Chirurgie și Ortopedie Pediatrică a Spitalului Clinic de Urgență pentru Copii “Louis Turcanu” Timișoara. Criteriile de includere au fost: copii cu SCFE unilaterală al membrului inferior dominant, ce a necesitat tratament chirurgical (fixare in situ **percutană** cu un șurub), după 3 luni de la intervenția chirurgicală. Membrul inferior dominant a fost stabilit de pacient, ca membru cu care obișnuia să lovească [107].

La acest studiu au participat 26 de pacienți. Dimensiunea minimă a eșantionului a fost de 20 de subiecți. Dimensiunea eșantionului a fost calculată utilizând G*Power (Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany); nivelul semnificativ a fost de 0,05, cu o putere de 0,95 și mărimea efectului de 0,8 [108].

Datele obținute de la pacienți au fost următoarele: vârsta, înălțimea, greutatea, indicele de masă corporală (Tabel 5). Toți pacienții au prezentat membrul inferior drept, membrul dominant.

EVALUAREA STABILOMETRIEI

Determinarea stabilometriei s-a efectuat utilizând sistemul PoData (Chinesport, Udine, Italia) [137]. Pacienții au fost examinați desculți (păstrând poziția ortostatică naturală), fără să se miște sau să vorbească timp de 20 de secunde. Examinarea nu a fost validă în cazul în care pacientul a mișcat membrul superior, a ridicat piciorul, a schimbat poziția, a mișcat capul sau a vorbit. Datele stabilometrice înregistrate au fost: lungimea descrisă de CP, aria elipsei descrisă de CP (cu un nivel de încredere de 90%) și viteza maximă a CP [138]. Lungimea descrisă de CP (masurată în milimetri) reprezintă deplasarea centrului de greutate al participantului pe parcursul evaluării. Aria elipsei CP (măsurată în mm²) este aria

care conține toate punctele centrului de greutate calculate și transferate într-un sistem al axelor cartezian, cu un nivel de încredere de 90%. Viteza maximă a CP este media de deplasare maximă a centrului de greutate măsurată în milimetrii/secundă.

Fiecare subiect a fost evaluat în trei situații diferite: cu ochii închiși, cu ochii deschiși și cu coloana cervicală în extensie. Participanții au menținut aceeași poziția a picioarelor în cadrul celor trei condiții de evaluare.

EVALUAREA FORȚEI MUSCULARE IZOMETRICE

Forța musculară izometrică a fost măsurată utilizând dinamometria MicroFet 2 (Hoggan Health Industries, Draper, MA, USA) [139].

Măsurătorile au fost efectuate la nivelul membrelor inferioare drept și stâng, în următoarea ordine: mușchii flexori șold drept, mușchii flexori șold stâng, mușchii abductori șold drept, mușchii abductori șold stâng, mușchii extensori șold drept, mușchii extensori șold stâng; mușchii extensori genunchi drept, mușchii extensori genunchi stâng, mușchii flexori genunchi drept, mușchii flexori genunchi stâng.

Forța musculară izometrică (măsurată în Newton, N) a fost înregistrată timp de 5-6 secunde. Fiecare evaluare a fost efectuată de trei ori pentru fiecare grup muscular, apoi a fost calculată valoarea medie.

A fost comparată forța musculară izometrică a șoldului drept și a șoldului stâng, respectiv a genunchiului drept și a celui stâng utilizând testul t nepereche. Testul t pereche a fost utilizat pentru compararea datelor din cadrul grupului (evaluarea parametrilor de stabilometrie în cele trei condiții de testare). O valoare- p mai mică de 0,05 a fost considerată statistic semnificativă.

La analizarea corelațiilor dintre parametrii stabilometrici în condiția de testare cu ochii deschiși și forța musculară izometrică a șoldului și genunchiului, am constatat corelații inverse semnificative statistic între aria elipsei CP și extensorii genunchiului stâng, flexorii genunchiului drept și, respectiv, flexorii genunchiului stâng. Cu cât este mai mare forța musculară a flexorilor genunchiului (afecțati și neafecțati) și a extensorilor genunchiului neafecțati, cu atât este mai mică aria elipsei CP. S-a înregistrat, de asemenea, o corelație inversă semnificativ statistic între viteza maximă a CP și forța musculară a extensorilor genunchiului stâng; o forță musculară mai mare a extensorilor genunchiului neafectat este legată de o viteză CP redusă.

CONCLUZII

La copiii cu SCFE unilaterală tratați chirurgical, deși evaluați la cel puțin 4 luni postoperator, nu s-au observat diferențe semnificative statistice ale forței musculare a principalelor grupe musculare ale șoldului și genunchiului de partea afectată comparativ cu partea sănătoasă. La compararea stabilometriei în cele trei situații de testare (cu ochii închiși, cu ochii deschiși și coloana cervicală în extensie), cele mai mari valori ale lungimii descrise de CP, aria elipsei CP și viteza maximă a CP au fost raportate la testarea cu ochii închiși. Stabilitatea posturală mai bună este la testarea cu ochii deschiși și la cea cu coloana cervicală în extensie comparativ cu condiția de evaluare cu ochii închiși.

Capitolul 7. Rolul recuperării fizioterapiei în reabilitarea copiilor cu tratament chirurgical al epifiziolizei de cap femural unilateral

INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE

Epifizioliza proximală de cap femural(SCFE) este una dintre cele mai frecvente patologii de șold cu o incidență în creștere în ultimii ani în rândul adolescenților. În general, pacientul tipic cu SCFE este un adolescent obez care prezintă dureri de șold, dar această patologie poate apărea și la copiii normoponderali, motiv pentru care epifizioliza femurală trebuie să facă parte din diagnosticul diferențial la orice pacient imatur scheletic care prezintă dureri de șold sau genunchi.

MATERIAL ȘI METODĂ

Studiul a fost realizat în perioada noiembrie 2023 – octombrie 2024 în cadrul Secției de Recuperare a Spitalului de Urgență pentru Copii "Louis Țurcanu" Timișoara și a inclus un număr de 30 de copii cu epifizioliza femurală unilaterală operată în Secția de Ortopedie Pediatrică a aceluiași spital.

❖ Criteriile de includere au fost:

- copii cu epifizioliză femurală unilaterală
- tipul de intervenție chirurgicală a fost percutanat "in situ"
- fixarea cu șurub,
- piciorul afectat a fost piciorul dominant (afirmativ).

❖ **Criterii de excludere** au fost:

- afecțiuni febrile/infecțioase
- boli neuro-psihiatrice
- necroza capului femoral
- condroliza articulației șoldului
- alte malformații musculo-scheletice cu impact asupra stabilității și mersului

Cei 30 de pacienți care au participat la studiu au fost împărțiți în 2 grupuri:

- grupa 1: 15 pacienți cu SCFE care au beneficiat de un program de fizioterapie;
- grupa 2: 15 pacienți cu SCFE care nu au fost supuși fizioterapiei și recuperării timpurii.

Distribuția pacienților în cele două loturi s-a realizat în funcție de complianța copiilor și a aparținătorilor la tratamentul propus.

Intervenția chirurgicală a fost efectuată de același ortoped pediatru și același tehnică a fost utilizată la toți cei 30 de copii: fixarea percutanată cu șurub in situ a SCFE.

Toate analizele statistice au fost făcute folosind GraphPad Prism 5.0 pentru Windows.

Descriptiv, statisticile au fost calculate pentru toate variabilele (medie și deviația standard).

Distribuția normală a valorilor în acest studiu a fost verificată prin Testul de normalitate D'Agostino-Pearson.

Datele intragrup (scorurile Harris pentru șold și IMC) au fost comparate cu testul t pentru grupuri pereche. Datele intergrup (diferențele dintre scorurile Harris pentru șold și IMC între cele două grupuri) au fost comparate cu testul t pentru grupuri nepereche. O valoare a p mai mică de 0,05 a fost considerată semnificativă statistic.

REZULTATE

Scorului Harris ale celor două grupuri preoperator, la o săptămână și la 3 luni postoperator sunt prezentate în Tabelul 11. Pentru ambele grupuri au existat diferențe semnificative la evaluarea de o săptămână și respectiv evaluarea la 3 luni. Scorurile Harris Hip s-au îmbunătățit după operație, cu rezultate funcționale mai bune corelate și cu programul de recuperare fizică.

Comparațiile între cele 2 grupuri de pacienți ale scorurilor Harris Hip sunt incluse în Tabelul 12. Nu au existat diferențe semnificative între cele două grupuri înainte de operație și după intervenția chirurgicală la evaluările de la 1 săptămână și de la 1 lună. După 3 luni, scorul Harris Hip a fost semnificativ mai mare pentru Grupul 1, care a urmat un program de

exerciții fizice după operație având rezultate funcționale mai bune în comparație cu grupul 2 care nu a urmat programul de reabilitare.

S-a constatat că mărimea efectului pentru această analiză ($d = 3,16$) depășește convenția lui Cohen (1988) [167] pentru un efect mare ($d = 0,8$).

Am analizat rezultatele IMC și am observat că pacienții din grupul 1 au avut statistic valori semnificativ mai mici la evaluarea de 3 luni postoperator ($p = 0,0003$). Pentru pacienții din grupul 2 nu au existat diferențe de IMC între cele două evaluări ($p=0,15$). (Tabelul 5).

La evaluarea la 3 luni, IMC-ul mediu a scăzut cu 1,77 pentru grupul 1 (grupul de exerciții fizice) și cu doar 0,12 pentru grupul 2 (grupul care nu a participat la programul de exerciții fizice).

CONCLUZII

Exercițiile fizice efectuate rapid după operație la copiii cu SCFE îmbunătățesc funcționalitatea, deformarea și amplitudinea de mișcare a șoldului, ameliorează durerea și crește calitatea vieții. Asocierea zilnică pe termen lung a unui program de exerciții fizice, inclusiv cele destinate îmbunătățirii mobilității articulare și de anduranță musculară, combinate cu un antrenament aerob progresiv, are impact asupra reducerii indicelui de masă corporală, deoarece se știe că excesul de greutate este un factor implicat în etiologia SCFE.

Abordarea terapeutică multidisciplinară, care să cuprindă și kinetoterapia aplicată precoce copiilor cu epifizioliză unilaterală de cap femural tratați chirurgical, este recomandată în managementul acestei patologii, cu rol, nu doar de ordin medical, de creștere a funcționalității și calității vieții, ci și de ordin socio-economic.