

# INFLUENȚA APORTULUI SANGUIN ȘI A FORȚEI DE ÎNCĂRCARE ASUPRA REGENERĂRII OASELOR ȘI ARTICULAȚIILOR DUPĂ DISTRACTARE

Gh. Burnei\*, Ș. Gavrilu\*\*, Ileana Georgescu\*\*, Daniela Dan\*\*, S. Zăvoianu\*\*, R. Marchitan\*\*, C. Brutaru\*\*

## REZUMAT

Actualmente, după implantarea fixatoarelor externe se urmărește nu numai mobilizarea precoce a pacientului, dar și începerea sprijinului pe membrul pelvin afectat cât mai repede posibil, astfel încât să nu se împietzeze procesul de osteogeneză, ci să îl și stimuleze.

Mobilizarea precoce crește aportul sanguin și inclusiv forța de regenerare a structurii osoase, iar sprijinul stimulează atât aportul sanguin, cât și recăpătarea formei și structurii osoase. Remodelarea articulațiilor disproporționate are în principiu aceleași forțe motrice (aport sanguin și sprijin precoce) și se bazează pe principiile legii lui Delpeche.

Pentru realizarea unei încărcări normale a membrului pelvin, în statică și în locomoție este util a se folosi fixatoare externe în montaje fixe sau reglabile, dar corect configurate pentru a se evita deteriorarea acestora în cazul mobilizării precoce.

**Cuvinte cheie:** aport sanguin, osteogeneză, forță de încărcare, fixator extern.

## ABSTRACT

### The Role of Blood Supply and Loading Force on Bone and Articular Regeneration after Distraction

Beside the early mobilization of the patient after fixator implant, there is an interest in weight bearing on the affected limb, as soon as possible, not to impair the osteogenesis, but to enhance it, nowadays.

Early mobilization enhances the blood supply and the regeneration force of the bone structure, too. The weight bearing stimulates the blood supply and the regaining of shape and structure of the bone. The remodeling of disproportioned articulations is based on the same guiding forces (blood supply and early weight bearing) and it respects the laws of Delpeche.

The use of firm or adjustable external fixators is necessary in order to obtain a normal loading force of the pelvic limb, either static or when mobilized and to avoid fixator breakdown in case of an early mobilization.

**Key words:** blood supply, osteogenesis, loading force, external fixator.

Activitatea noastră clinică și experimentală a demonstrat influența aportului sanguin și a forței de încărcare asupra procesului de formare a oaselor și articulațiilor. În mod specific, atât forma, cât și masa osoasă sunt dependente de interacțiunea dintre încărcarea mecanică și aportul sanguin (14,16). O creștere simultană a încărcării și aportului sanguin determină creșterea masei osoase (1). În situațiile în care aportul sanguin este adecvat, dar încărcarea este minimă, masa osoasă se reduce (8,9,11,13) (osteoporoza de neutilizare (10)). În mod identic, scăderea aportului sanguin cu păstrarea unei încărcări normale conduce la reducerea masei osoase.

De exemplu, să luăm în considerare fibula. Acest os este mai gracil decât tibia, deși este înconjurat de o masă voluminoasă de țesuturi moi. Astfel, fibula beneficiază de un aport sanguin bun, deși suportă o încărcare mai redusă decât tibia. Dacă, totuși, fibula este transferată, în cazul unui defect tibial, diametrul său va crește progresiv, până la cel al tibiei, odată ce încărcarea pe fragmentul transferat este egală cu cea a osului înlocuit.

Astfel de modificări ale formei fibulei sunt ilustrate de evoluția unei paciente de 16 ani cu un defect tibial diafizar subtotal. Prezenta o subțiere severă a porțiunii tibiale proximale și o îngroșare a fibulei intacte, ca rezultat al

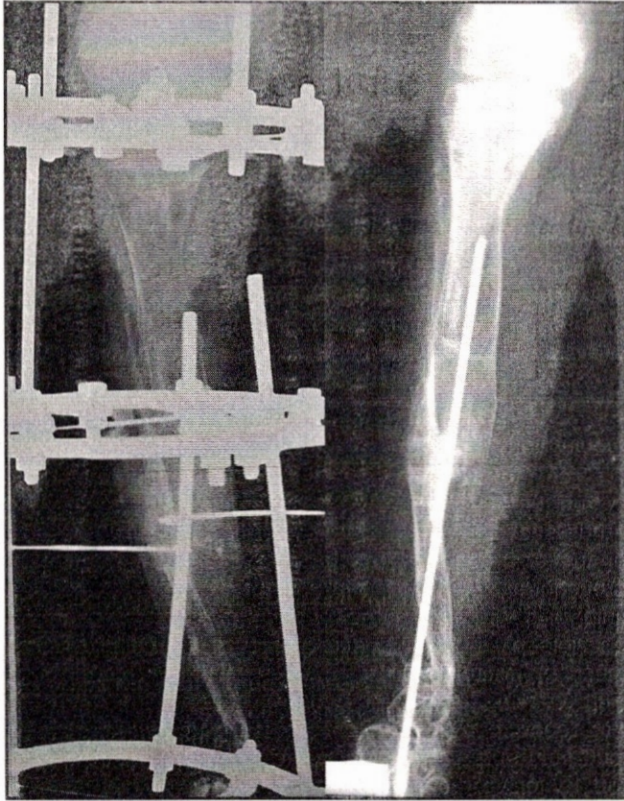
supraîncărcării mecanice. În acest caz, strategia noastră terapeutică a fost aplicată fără o intervenție chirurgicală. Prin tracțiune graduală, capul fibulei a fost tras inferior, sub capătul distal al fragmentului tibial superior. Purtarea unor greutateți a stimulat fuzionarea oaselor și a determinat fibula să crească în grosime, până ce a egalat tibia controlaterală. O altă pacientă de 6 ani a prezentat pseudartroză ambe oase gambă cu defect osos tibial însemnat la care s-a aplicat un fixator extern. De asemenea purtarea unor greutateți a stimulat fuzionarea oaselor, iar fragmentul distal fibular s-a îngroșat ca urmare a preluării încărcării.

La un alt pacient cu defect tibial și subțiere fibulară concomitentă am eliminat defectul tibial prin osteosinteză bilocală, tracțiune-compresie. Restaurarea integrității tibiale a diminuat încărcarea pe fibulă, iar aceasta a scăzut în dimensiuni. În același timp, tibia s-a îngroșat, ca rezultat al restabilirii încărcării aplicate.

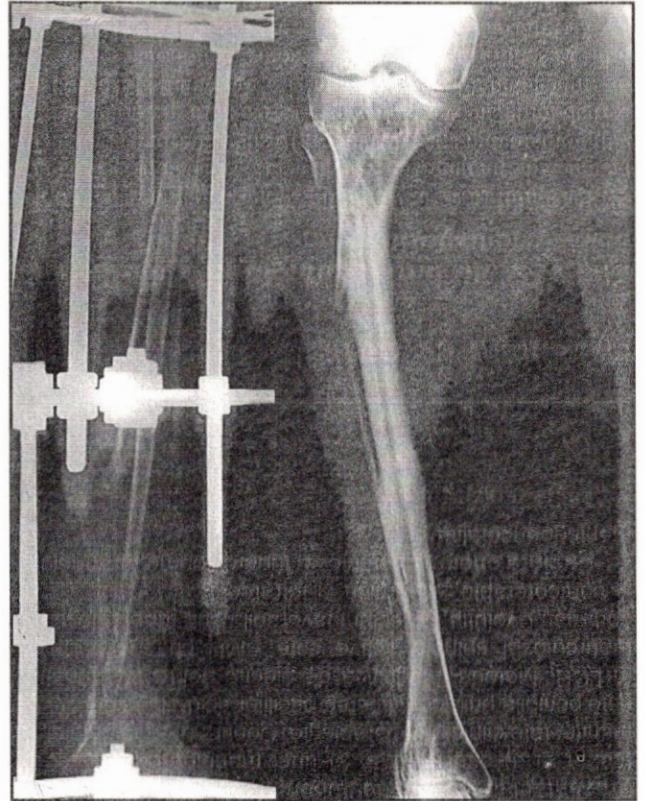
O pacientă de 21 de ani prezenta un defect tibial subtotal și dislocare a ambelor capete al fibulei, însoțite de o scurtare de 18 cm a membrului ca o consecință a unei osteomielite. Refacerea lungimii membrului și a rezistenței la încărcare a fost obținută prin alungirea treimii medii a fibulei și a fragmentului tibial distal. Apoi s-a realizat o osteotomie a fibulei la nivelul capătului inferior al fragmentului tibial proximal.

\*Gheorghe Burnei - Conf. Dr., Clinica de Ortopedie Pediatrică S.C.U.C. M.S.Curie, UMF „Carol Davila”, București

\*\*Ștefan Gavrilu, Ileana Georgescu, Daniela Dan, Sorin Zăvoianu, Roman Marchitan, Costin Brutaru - medic rezident — Clinica de Ortopedie Pediatrică S.C.U.C. M.S.Curie București



**Figura 1.** Aspect al unei paciente de 7 ani cu defect osos tibial distal la care s-a aplicat un fixator extern în vederea refacerii osoase a gâmbii. Se poate constata îngroșarea fibulară distală ca urmare a preluării încărcării de către acest segment osos.



**Figura 2.** După medIALIZAREA fragmentului fibular și consolidarea tibio-fibulară se constată îngroșarea fragmentului fibular tibializat ca urmare a încărcării în ax longitudinal

Fragmentul fibular mijlociu a fost translatat medial în mod gradat, iar capul fibulei a fost împins distal, către poziția sa anatomică. Consolidarea dintre fragmentul fibular mijlociu și epifiza tibială a fost urmată de îngroșarea jumătății proximale a fibulei și de alungirea fragmentului tibial distal, sub acțiunea unei încărcări în ax longitudinal (figura 2.).

Aplicarea variantelor acestui principiu ne-a oferit ocazia de a controla procesele de formare și de reparare a țesutului osos (17) într-un număr mare de deformări și de afecțiuni ale aparatului de susținere și locomoție (11, 14). Înțelegerea principiului influenței aportului sanguin și a încărcării face posibilă modificarea formei (18) și elimină, într-o manieră nechirurgicală deformările oaselor lungi, ale picioarelor și ale coloanei vertebrale (2).

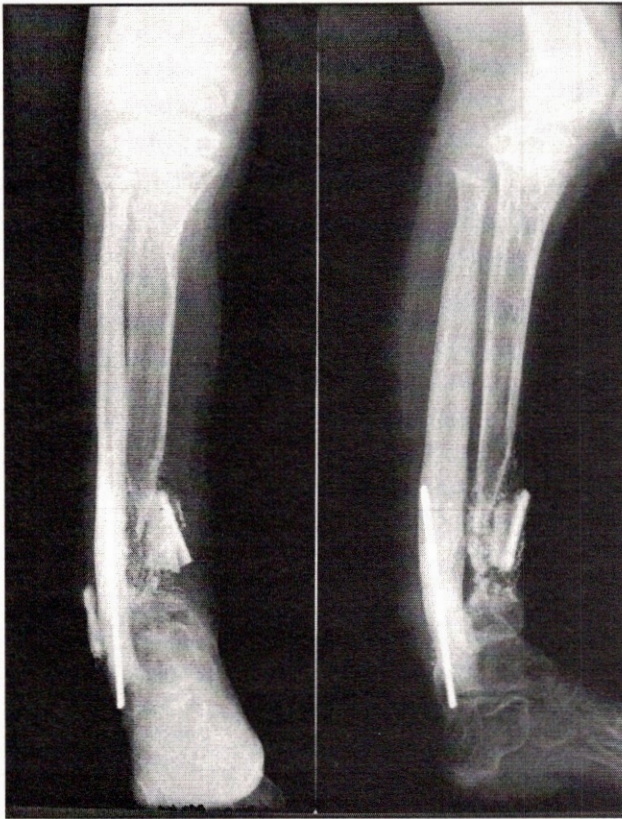
Modificările non-chirurgicale ale formei osoase sunt obținute prin utilizarea fixatoarelor externe pentru a crea o încărcare asimetrică asupra oaselor lungi sau asupra coloanei vertebrale, în direcții longitudinale sau transversale. Spre exemplu, cifoscolioza experimentală a coloanei poate fi creată fără intervenție directă asupra osului, prin crearea unei semi-ischemii la nivelul unei vertebre lombare adiacente. De asemenea, este posibilă modificarea formei unui os lung prin crearea unei încărcări de flexie în direcție transversală, prin utilizarea unor segmente longitudinale corticale deplasate prin tracțiune în diferite sensuri sau a unor cabluri arcuite. Când survine o astfel de modificare, există o reconstrucție

osoasă cu travee osoase orientate de-a lungul vectorului curb de stress. Pe fața concavă a osului modificat traveele capătă treptat o orientare transversală în axul longitudinal al osului, ca rezultat al forțelor de compresie.

Astfel de modificări osoase sunt întâlnite în practica medicală, sub influența încărcărilor de îndoire. După cum am arătat mai sus, fibula se hipertrofiază, în cazul unui defect tibial. Partea medială a fibulei susține o încărcare compresivă mare, în timp ce partea laterală a osului răspunde la vectorii de stres, ca o consecință a orientării în afara axului fibulei, cu respectarea axului longitudinal al membrului. Ca un rezultat al acestei distribuții inegale a încărcării, fibula este transformată într-o structură curbă (figura 3).

Influența aportului sanguin și a încărcării pe os este de asemenea ilustrată de modificările de formă ale tibiei, când articulația șoldului este anchilozată în adducție. În această situație, partea laterală a tibiei suferă o încărcare excesivă, în timp ce partea medială nu are încărcare. În prezența unui aport sanguin normal, tibia se incurbează la nivelul condiliilor tibiali deveniți modificați. O gravă deformare în valg a genunchiului poate produce o modificare similară. Asimetria facilă în torticolisul congenital este cauzată de încărcarea asimetrică asupra oaselor feței.

O altă ilustrare a aplicațiilor clinice ale acestui principiu este dată de corectarea unei deformări tibiale angulare, concomitent cu osteosinteza închisă cu compresie monolocală



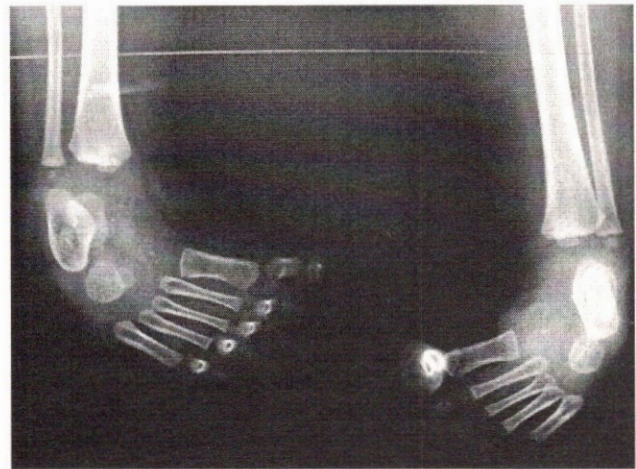
**Figura 3. Pacient cu pseudartroză tibială în cadrul maladii Recklinghausen la care se constată îngroșarea și incurbarea fibulei ca urmare a distribuției inegale a încărcării.**

a unei pseudartroze a aceluiași os (3). Tibia proximală s-a modificat treptat, fără osteotomie. Informațiile despre influența aportului sanguin și a încărcării asupra procesului de formare a oaselor și a articulațiilor ne permit să construim aparate cu configurații funcționale, care permit refacerea treptată a oaselor deformat, la copii și la adulți. Adeseori, efectul poate fi obținut fără intervenție chirurgicală sau în paralel cu o intervenție minimă (4).

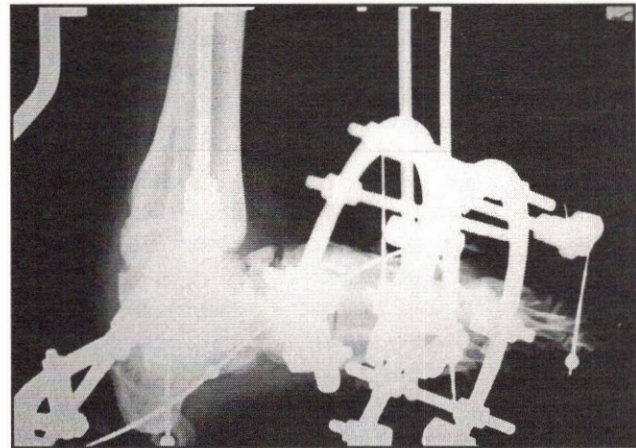
În piciorul strâmb congenital, de exemplu, aplicarea de greutate duce la încărcarea părții laterale a piciorului, în special pe osul cuboid. Partea medială a piciorului rămâne fără încărcare. În prezența unui aport sanguin normal, osteogeneza este deficitară pe partea medială a piciorului, în comparație cu partea laterală (care este stimulată de greutate). Ca rezultat apare deformarea structurilor osoase ale piciorului (figura 4).

Un pacient de 7 ani cu picior varus equin congenital pe partea dreaptă prezintă concomitent și o scurtare severă a membrului. Deficitul de creștere afectează nu numai piciorul, ci și tibia, care era cu 4 cm mai scurtă. Deformarea a fost corectată și piciorul a fost alungit cu 3 cm non-chirurgical, iar tibia a fost alungită cu 4 cm. Corectarea deformării a durat 100 de zile; apoi aparatul a fost modificat într-o configurație destinată tracțiunii longitudinale a piciorului, aceeași tracțiune fiind aplicată și tibiei.

Un mod similar de modificare osoasă a fost aplicat la corectarea unei deformări a piciorului unui pacient de 16 ani (fig.7). Relația dintre cuboid și cuneiform s-a normalizat



**Figura 4. Radiografie ce evidențiază deficit de osteogeneză a părții mediale a piciorului în cadrul piciorului strâmb congenital datorită dezechilibrului de încărcare între cele două părți.**



**Figura 5. Normalizarea relației cuboid-cuneiform prin corecția pe fixator extern Ilizarov**

după corectarea non-chirurgicală cu fixatorul Ilizarov (6) (figura 5).

În cele din urmă, un pacient de 5 ani cu picior strâmb congenital a fost corectat non-chirurgical cu aparatul Ilizarov. Radiografiile comparative, anterioare și ulterioare tratamentului, au demonstrat normalizarea dimensiunilor oaselor tarsiene, cu elongarea concomitentă a primelor metatarsiene, ca rezultat al modificării non-chirurgicale.

Același principiu se aplică și deformărilor mai severe. O pacientă de 14 ani cu picior strâmb congenital bilateral a fost tratată cu succes în aceeași manieră.

Studiile experimentale efectuate pe coloana vertebrală de câine au confirmat principiul. Încărcarea asimetrică asupra vertebrelor în direcție transversală a generat apariția unor forțe de compresie excesive pe fața concavă a deformării și a unor forțe de tracțiune pe partea concavă. În cele din urmă, câinele a dezvoltat o cifoscolioză din cauza încărcării asimetrice.

Noi am aplicat principiul nostru și în tratarea coxartrozei deformante. Se știe că unul dintre motivele pentru care capul femural se deformează în coxartroză este alterarea aportului

sanguin, de diverse etiologii (16). De exemplu, în necroza avasculară progresivă deformarea apare datorită unui dezechilibru între încărcare și aportul sanguin. Noi am dezvoltat o metodă de reconstrucție articulară a femurului proximal care permite preluarea încărcării pe articulația șoldului, prin crearea unui suport osos în regiunea sub-acetabulară a pelvisului.

Principiul este ilustrat clinic de cazul unui pacient de 18 ani cu un istoric de 7 ani de osteonecroză a șoldului stâng și osteoartroză deformantă. Când a venit în clinica noastră, pacientul mergea în cărje. În decurs de un an de la osteotomia de suport pelvic, pacientul a fost capabil să meargă fără suport extern, fără să șchiopăteze și fără să acuze dureri.

În mod similar, am tratat o pacientă pentru osteonecroză severă și defect de cap femural. Spațiul articular era îngust și neregulat. În unele regiuni spațiul articular nu mai era vizibil deloc. Pacienta mergea în cărje și acuza dureri mari. La un an de la încheierea tratamentului, forma sferică a capului femural fusese refăcută, iar articulația era lărgită și congruentă. Pacienta nu mai suferea dureri la mers și nu se mai necesita sprijin extern.

Am utilizat un model de coloană vertebrală de iepure pentru a studia influența aportului sanguin diminuat asupra osteogenezei. În acest caz, încărcarea naturală a fost păstrată. Aportul sanguin a fost diminuat prin crearea unei semi-ischemii la nivelul vertebrelor lombare, prin blocarea arterelor vertebrale de pe o parte. În primele câteva zile după intervenție, necroza focală a măduvei osoase ne-a indicat localizarea arcadelor vertebrale ischemice. Măduva osoasă de partea ischemică era edematiată și conținea osteoblaști, în timp ce, de partea neafectată, măduva își păstrase structura și conținutul normal (15,16). La 17 zile după intervenție, corticala vertebrelor era sensibil subțiată în zonele afectate, fapt demonstrat printr-o resorbție osteoclastică pronunțată. În a 139-a zi a experimentului, revascularizarea zonelor ischemice s-a însoțit de osteogeneză și de îngroșarea corticalei.

Aportul sanguin și încărcarea exercită o influență și asupra cartilajelor de creștere (7,11,12). Atât presiunea excesivă, cât și presiunile mult diminuate pot întârzia creșterea în lungime a oaselor (16). Există o încărcare optimă care aplicată pe cartilajele de creștere asigură o rată maximă de creștere. Cercetările noastre clinice și experimentale au confirmat că viteza de creștere osoasă depinde, într-o mare măsură, de presiunea exercitată în mod specific asupra cartilajelor de creștere.

## BIBLIOGRAFIE

1. **Beguiristain JL, Gurrpide C, Oriafo A, Canadell J.** Consideraciones sobre nuestra experiencia en elongacion de femur y tibia segun el método Wagner. *Rev Ortop Traum*, 1979; 23: 227-229.

1979; 23: 227-229.

2. **Bjerkreim L.** Limb lengthening by Physeal distraction. *Acta ortop scand*. 1989; 60: 140-142.

3. **Bonnard Ch, Favard L, Sollogoub I, Glorion B.** Limb lengthening in children using the Ilizarov method. *Clin Orthop*, 1993; 293: 83-88.

4. **Canadell J, De Pablos J.** Breaking bony bridges by physeal distraction. A new approach. *Mt OrthHop*, 1984; 9: 223-229.

5. **Canadell J, De Pablos J.** Bone lengthening by means of percutaneous osteotomy and unilateral fixation-distraction for limb discrepancies. In: De Pablos J, Canadell J, Ed. *Bone lengthening. Current trends and controversies*. Pamplona, Servicio Publicaciones Universidad de Navarra, 1990: 297-306.

6. **Canadell J, De Pablos J.** Correction of angular deformities by physeal distraction. *Clin Orthop*, 1992; 283: 98-105.

7. **Canadell J, Aquerreta D, Forriol F.** Prospective study of bone lengthening. *J Pediatr Orthop*, part B 1993; 2: 1-7.

8. **Codivilla A.** On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles and the tissues which are shortened through deformity. *Am J Orthop Surg*. 1905; 2: 353-369.

9. **De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G.** Limb lengthening by distraction of the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg* 1986; 66B: 545-549.

10. **Ilizarov GA, Soybelman LM.** Some clinical and experimental data on the bloodless lengthening of the lower limbs. *Exp Khir Anesth* 1969; 4: 27-32.

11. **Ilizarov GA, Deviatov AA.** Operative elongation of the leg. *Orthop Traumatol Protes* 1971; 32: 20-25.

12. **Ilizarov GA, Trohova VG.** Operative elongation of the femur. *Orthop Traumatol Protes* 1973; 34: 51-55.

13. **Ilizarov GA.** The tension-stress effect on the genesis and growth tissue. Part I. The influence of stability of fixation and soft tissue preservation. *Clin Orthop* 1989; 238: 249-261.

14. **Ilizarov GA.** The tension-stress effect on the genesis and growth tissue. Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop* 1989; 238:263-285.

15. **Ilizarov GA.** Clinical application of the tension stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 1990; 250: 8-26.

16. **Ilizarov GA.** *Transosseous osteosynthesis*. Springer Berlin, Heidelberg, New York, 1992.

17. **Martinez C, De Pablos J, Gill J, Canadell J.** Improvement of lumbosacral hyperlordosis after extensive femoral lengthening in achondroplasia. *J Pediatr Orthop* 1992; 1: 55-58.

18. **Simard S, Marchant M, Mencio C.** The Ilizarov procedure: Limb lengthening and its' implications. *Phys Ther*, 1992; 72: 25-44.