

A végtaghosszabbítás lehetőségei

Vízkelety Tibor, Kiss Sándor

A végtagok hosszkülönbségének kiegyenlítésében, a törpék magasztásában, a rövidüléshez társult tengelyeltérések, deformitások korrekciójában a fokozatos végtaghosszabbítás a legfontosabb szerep. Két alapvető módszerét használjuk: a Wagner-féle, unilaterálisan felhelyezett disztrakciós készülékkel végzett diaphysealis nyújtást és a körkörös gyűrűk segítségével, keresztezett Kirschner-dróttal való metaphysealis nyújtást. A különböző módszerekkel végzett fokozatos végtaghosszabbítás napjainkban aranykorát éli. 1977 és 2002 között 302 végtaghosszabbító műtétet végeztünk, 164 esetben Wagner-, 137 esetben Ilizarov-módszerrel, egy esetben disztrakciós epiphyseolysist. Átlagosan 4,1 cm hosszabbítást értünk el, ez a csont eredeti hosszának 18,4%-a. A komplikációk nagy száma a csavarok, illetve a K-drótok bemeneti nyílásánál fellépő felületi infekcióból adódott, de a műtét eredményét csak ritkán rontotta. A műtéti végtaghosszabbítás jó indikációval és technikával hálás területe az ortopédiának.

**végtaghosszabbítás,
Wagner-módszer,
Ilizarov-módszer,
végtagok hosszkülönbségének kiegyenlítése**

LIMB LENGTHENING

The method of gradual limb lengthening plays a significant role in equalizing limb discrepancies, making dwarfs taller, correcting axial and other deformities coexisting with limb deficiency. Limb lengthening is carried out by one of two basic methods: diaphyseal lengthening with the Wagner unilateral distraction apparatus or metaphyseal lengthening with a series of rings and crossed K-wires. Gradual limb lengthening is presently having its golden days. At our institution 302 limb lengthening intervention were done between 1977 and 2002, 164 cases with Wagner, 137 cases with Ilizarov method, and one distraction epiphyseolysis.

In average, 4.1 cm lengthening was achieved, 18.4% of the original length of the bone. The high incidence of complications was due to superficial infections at the entry points of the K-wires, infrequently worsening the outcome of the operation. Operative limb lengthening performed with appropriate indications and technique is a successful and rewarding area of orthopaedic surgery.

**limb lengthening,
Wagner method,
Ilizarov method,
limb length discrepancy correction**

dr. Vízkelety Tibor (levelező szerző/correspondent), dr. Kiss Sándor: Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Klinika/Semmelweis University, Faculty of Medicine, Department of Orthopedy; H-1113 Budapest, Karolina út 27. E-mail: vztib@kkt.sote.hu

Érkezett: 2003. szeptember 4. Elfogadva: 2003. november 11.

Avégtagok rövidegsége, hosszkülönbsége és a társuló deformitások olyan mérvűek lehetnek, hogy a funkcionális és esztétikai zavar gátolja a beteg társadalmi beilleszkedését és diszkriminációhoz vezet. Már a Bibliában is található utalást a nyomorékság megőlyegző voltára: „A papok hibátlanok legyenek” (Mózes könyve 21. 17–23.). Az emberekben mindig élt a vágy, hogy a testi hibákat kijavítsák, és az orvostudomány, elsősorban a sebészet fejlődése erre egyre több lehetőséget nyújtott. Míg korábban a végtagok rövidegségének kiegyenlítésére csak a protézis és a cipőmagasítás jött szóba, később az aszepszis és antiszepszis eredményének köszönhetően egyre nagyobb teret kaptak a műtéti megoldások.

Többnyire az alsó végtag rövidülése jelent problémát a betegnek a sántítás, a nagy cipőmagasítás vagy protézis viselése miatt. Kisebb rövidülés a cipősarok magasításával kiegyenlíthető, nagy különbség esetén azonban olyan mértékű magasításra van szükség, amely nemcsak esztétikailag zavaró, hanem a járás szempontjából is előnytelen. Bizonyos határon túl cipőmagasítással nem szüntethető meg a hosszkülönbség, és speciális protézisre van szükség. Ez még hátrányosabb a beteg számára, mint az ortopéd cipő.

A végtagok hosszkülönbségének kiegyenlítésére több – főképpen műtéti – módszert alkalmazhatunk.

Lehetőségek a végtagok hosszkülönbségének kiegyenlítésére

A végtaghosszkülönbség kiegyenlítésére a rövidebb oldal hosszabbításán kívül szóba jöhet az ép oldal rövidítése is. Speciális terület a törpék magasítása a lábszárak és combok hosszabbításával. Gyakran áll fenn a rövidülés mellett tengelyeltérés, deformitás is, amit a hosszabbítással egyidejűleg lehet korrigálni. A kezelés lehetőségeit az 1. ábra mutatja.

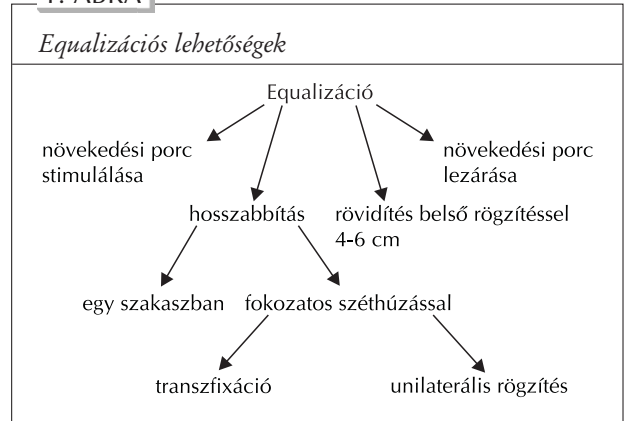
A *növekedési porc stimulálására* különböző módszerek alkalmazhatók. Ezek a növekedési porc és az epiphysis vérbőségét kiváltva érik el hatásukat. Korábban műtétilag a tibián a diaphysis és metaphysis hosszirányú befűrészelésével, később elektromágneses tér alkalmazásával kíséreltük meg a csontok hossz-növekedését fokozni.

A *növekedési porc lezárásával* az egészséges oldalon, jól megválasztott időpontban és jó technikával el lehet érni a növekedés gátlását. Elsősorban várhatóan nagy testmagasság esetén alkalmazzuk.

A *rövidítés belső rögzítéssel* hasonló eredményt ad, mint az előző műtét. Femuron végezzük szívesebben, és 3-5 cm rövidítést tudunk működészavar nélkül elérni. Itt is fontos, hogy figyelembe vegyük a várható testmagasságot. A proximális vagy a distális metaphysis területén vagy a diaphysisen végezzük, 3-5 cm-es szegementumot vágunk ki, és belső rögzítősínt alkalmazunk.

Az esetek többségében *végtaghosszabbításra* kerül sor. A rövidülés lokalizációja szerint végezhető egy végtagrész, lábszár, comb, alkar, illetve felkar hosszabbítása, de egyidejűleg például a lábszár és a comb hosz-

1. ÁBRA



szabbítása is. Speciális esetekben – törpéknél – mind a két végtagot, az egyes végtagrészeket, a két lábszárát vagy két femurt szimultán hosszabbíthatjuk.

Az átvésett csont *fokozatos széthúzása* a nyújtás legelterjedtebb módszere.

Végtaghosszabbítás fokozatos nyújtással

Kezdetben egy ülésben kíséreltek meg hosszabbítást elérni, de a szövetek feszülése miatt az eredmények csekélyek voltak, 3 cm-nél többet nem lehetett nyújtani. A fokozatos nyújtásra már a XIX. században is találunk adatokat, de a módszer fejlődése csak a XX. században vett nagyobb lendületet.

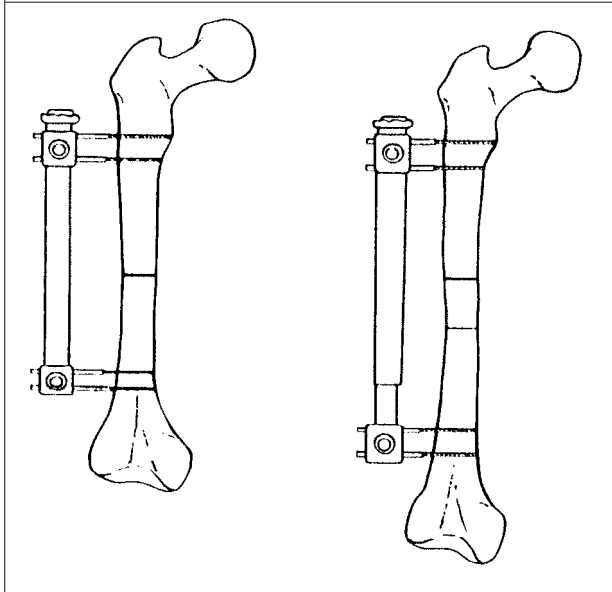
Codivilla már 1905-ben írt a végtaghosszabbításról (1), és ezt követően szórványosan jelentek meg közlések. *Anderson* 1952-ben és 1963-ban (2, 3), *Mitchell* 1963-ban (4), *Kawamura* és munkatársai 1968-ban számoltak be (5) részben kísérletes előkészítő tanulmányaikról, részben pedig klinikai tapasztalataikról.

A végtaghosszabbításban kezdettől fogva két alapvetően különböző módszert alkalmaztak. Az egyik a *Wagner-féle módszer* és készülék (2. ábra), amelynek számos továbbfejlesztett változata van, és egyszerűsége miatt a legelterjedtebb (6, 7). Az eredeti készülék két méretben alkalmazható a femuron, a tibián, a humeruson és az alkarcsontokon. Ha ezzel a készülékkel végezzük a hosszabbítást, a csontot a diaphysis közepe táján véssük vagy fűrészeljük át. A csontba a kisebb készülék esetén 4 mm, a nagy készüléknél 6 mm átmérőjű Schanz-csavarokat csavarunk be, és ezek csatlakoznak a Wagner-féle disztrakciós készülékhez. A nyújtás befejezte után a csontvégeket sínrel egyesíthetjük, és a külső készüléket eltávolíthatjuk (3. ábra).

A másik az *Ilizarov-féle módszer*; ezzel a hosszabbítás a metaphysisen történik. Kis metszésből feltárva csupán a corticalist véssük át, és utána a csontot megroppantjuk (corticotomia) (8–11). A nyújtást körgyűrűk és csavaros rudak segítségével végezzük (4. ábra). A gyűrűket Kirschner-drótokkal rögzítjük a csonthoz. Elősegíthető a csontképződés a nyújtás helyén azzal, ha a nyújtás előtt 5-10 napig az átvésett csontot össze-

2. ÁBRA

Diaphysealis hosszabbítás Wagner-készülékkel vázlatosan



nyomjuk, és mintegy a képződő callust nyújtjuk (callotasis, callusdistractio) (12). Ezt a készüléket is több méretben és többféle módosítással, valamint speciális célokra is készítik (5. ábra). A betegek korán kezdik terhelni végtagjukat a hosszabbítás alatt, és ez kedvező a csontképződésre.

Végtaghosszabbításról az első hazai közlések 1962-ben és 1971-ben jelentek meg (13, 14). Mi 1980-tól számoltunk be végtaghosszkülönbséget kiegyenlítő műtétekről (15–17). A kérdésnek napjainkban is nagy irodalma van. Előtérbe került a hosszabbítás és a deformitások egyidejű korrekciója (18–21). Megjelentek közlemények, amelyekben a hosszabbítás folyamán fellépő csontképződés problémáival foglalkoztak (22–25), vizsgálták az inak, izmok változását a nyújtás alatt (18, 26), összehasonlították az egyes készülékek mechanikai jellegzetességeit (19, 27, 28).

Az irodalomban jól nyomon követhető az indikáció változása. Néhány évtizeddel ezelőtt még nagy teret kapott a polyomyelitises betegek kezelése, de mára ez teljesen háttérbe szorult. Előtérbe került viszont a fejlődési rendellenességek és a csontsérülések után kialakult végtagrövidülések korrekciója.

A végtaghosszabbító műtétek indikációjáról nem egységes az álláspont. Az egyik irányzat képviselőinek kiindulópontja az, hogy a csont eredeti hosszának 10-15%-ával hosszabbítható meg biztonságosan. En-

nek alapján olyan esetekben ajánlják a végtaghosszabbítást, ahol ezzel a 4-6 cm-es, esetleg ismételt műtéttel vagy a lábszáron és a combon egymást követően végzett, összességében 10-15 cm-es hosszabbítással a beteg állapotában minőségi változás következik be. Hozzátevé ehhez még a másik oldali femur rövidítésével nyerhető 3-5 cm-t, végül 13–20 cm-es végtaghosszkülönbség műtéti kiegyenlítését érhetjük el.

A másik irányzat szerint a végtaghosszabbításnak nincs felső határa. Szóbeli közlés szerint Ilizarov például 30–50 cm-es hosszabbításra is vállalkozott.

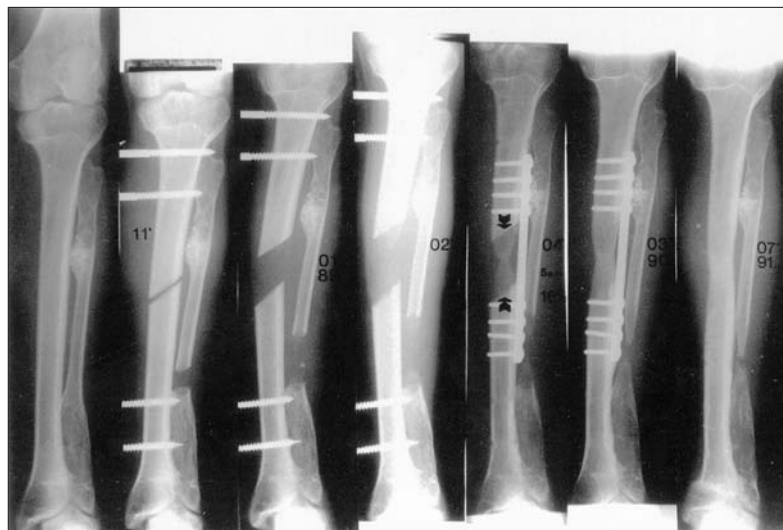
A hosszabbító műtét időpontjának megválasztásához több tényezőt kell figyelembe venni. Általában szívesebben végzünk műtétet gyermekeken, mint felnőtteken. A végtaghosszabbításra az optimális életkor a 14–16 év. Ha azonban a rövidülés várható mértéke nagyobb, mint amit egy műtéttel meg tudunk oldani, akkor az első műtét 8–10, a második 11–13, a harmadik 14–16 éves kor között ajánlható.

A hosszabbító műtétek speciális indikációs területe a törpék magasítása, jellegzetesen olyan esetekben, amikor a törpenövés hormonálisan nem befolyásolható, rendszerint chondrodystrophiás jellegű, és aránytalan, mivel a törzshöz viszonyítva a végtagok rövidek. A comb és a lábszár törpéken aránylag könnyen nyújtható az izomzat nagy tömege, illetve a végtag nagy keresztmetszete miatt.

A törpéket magasító ortopédek közül a mérsékeltberek a 130 cm-es testmagasságot, illetve várható természetes testmagasságot jelölik meg mint alsó határt, amikor még érdemes végtaghosszabbító műtétet végezni. Ilyenkor ugyanis 15-20 cm-es hosszabbítással már elérhető a normális testmagasság alsó határa, a 150 cm.

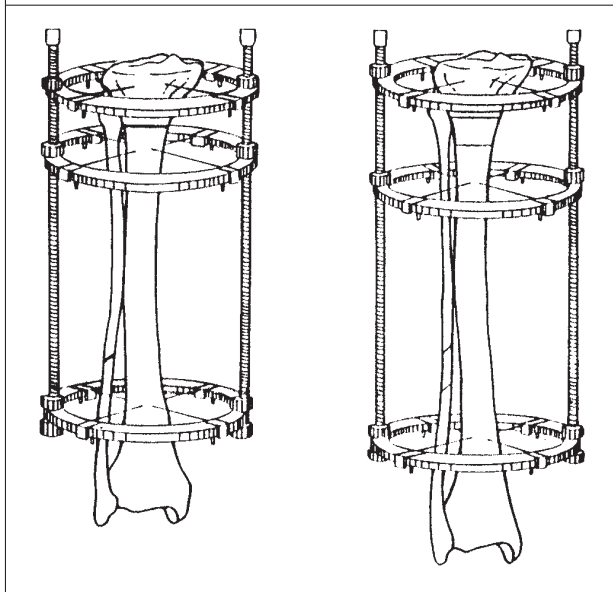
3. ÁBRA

Tizenegy éves lány tibiájának 5 cm-es hosszabbítása Wagner-készülékkel. A nyújtás befejezte után a csontvégek rögzítése fémsínnel és -csavarokkal. Két évvel később ezek eltávolítása



4. ÁBRA

Metaphysealis hosszabbítás Ilizarov-készülékkel vázlatosan



Saját tapasztalatok

Az elmondottak illusztrálására bemutatunk néhány jellemző adatot a klinikánkon végzett végtaghosszabbításokról.

Az 1977 és 2002 közötti időszakban 302 esetben végeztünk végtaghosszabbító műtétet. A hosszabbítás helyét az 1. táblázatban tüntettük fel.

Wagner-féle diaphysealis hosszabbítást 164 esetben, Ilizarov-féle metaphysealis hosszabbítást 137 esetben végeztünk. Egy esetben történt disztrakciós epiphyseolysis. Ilizarov-készülékkel a hosszabbítással együtt gyakran végeztünk tengely-, illetve deformitáskorrekciót (6. ábra). Ilizarov-módszerrel egyszerre egy csont proximalis és distalis metaphysisén is végezhető hosszabbítás (7. ábra).

A betegek átlagéletkora 15,1 év volt (2–37 év), 50%-uk volt 15 év alatti, 20%-uk 20 év feletti.

A rövidülést a következő betegségek okozták: fejlődési rendellenességek, veleszületett csípőficam, poliomyelitis, osteomyelitis, trauma, szepikus arthritis, myelodysplasia. A rövidülés mértékét és a hosszabbítást százalékban a 2. táblázat mutatja.

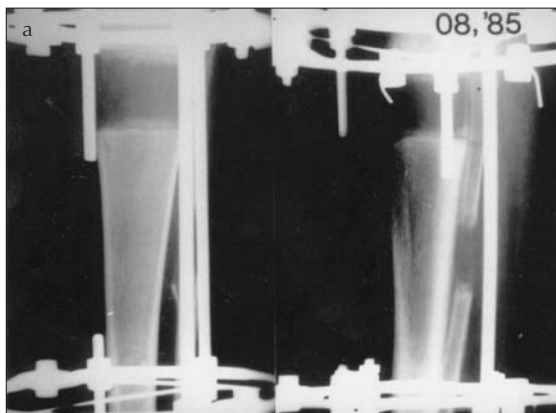
A műtéteket fizikai és pszichés előkészítés után végeztük. A fizikai előkészítéshez hozzátartozott az is, hogy a szomszédos ízületeket műtétilag alkalmassá tettük a hosszabbításra, például meredek vápatető esetén vápatetőképzést vagy Chiari-féle medenceosteotomiát végeztünk. Lágyrész-műtetre mindössze két esetben volt szükség.

A pszichés előkészítésre nagy súlyt helyeztünk a

A végtaghosszabbító műtétek jó indikációval és technikával hálás területe az ortopédiának.

5. ÁBRA

Tizennégy éves fiú tibiájának proximalis metaphysisében 4 cm-es hosszabbítás Ilizarov-készülékkel (a). Nyolc hónappal később a készülék eltávolítása után, jó csontképződéssel (b)



hosszú kezelés és a jelentős igénybevétel miatt, noha maga a nyújtás fájdalomtalan. Néhány esetben pszichológus tanácsadását is igénybe vettük, és többször szerveztünk találkozót olyan betegekkel, akik korábban átettek ezen a műtéten. Mindössze egy betegünkön fordult elő, hogy nem tudtuk teljes nyújtást véghezvinni az együttműködés hiánya miatt.

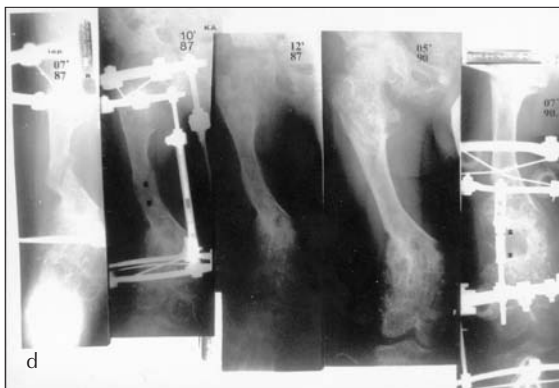
1. TÁBLÁZAT

A végtaghosszabbítás helye saját műteteinkben (1977–2002)

Csont	Műtétszám
Humerus	8
Ulna	12
Radius	6
Kéz II. ujj	1
Femur	115
Tibia	156
Metatarsus	4
Összesen	302

6. ÁBRA

Nyolcéves dyschondroplasiás fiú jobb alsó végtagján 12 cm rövidülés valgus és torsiós deformitással (a). Nyújtás és korrekció Ilizarov-készülékkel. Jó tengelykorrekció, a rövidülés 2 cm-re csökkent (b). A jobb lábszár 5 cm-es nyújtása (c). A jobb femur korrekciója és nyújtása (d)



Az általánosan elfogadott módszer szerint naponta 1 mm-t nyújthatunk, többnyire két részre elosztva. Ezt maga a beteg vagy hozzátartozója végezte, miután megtanítottuk őket a használatra. Forgalomban van már olyan készülék is, amellyel a nyújtás folyamatos.

A betegeket a műtét után 7-10 nappal hazabocsátottuk. Kéthetente ellenőriztük őket, főleg a Schanz-csavarok, illetve a K-drótok bemeneti nyílásainál gyakran kialakuló felületi fertőzés miatt. Előfordult, hogy tengelyeltérést vagy kontraktúrát kellett korrigálni.

A nyújtás mértékét és a csontosodás előrehaladását röntgenfelvételen négyhetente kontrolláltuk. A röntgenfelvételen mért nyújtás a készülék rugalmassága miatt általában kevesebbnek bizonyult, mint a készüléken. Csontképződés már a nyújtás alatt megfigyelhető volt, majd a kezelés befejezése után gyorsult. Az Ilizarov-módszernél sínezésre nem volt szükség. A teljes csontos konszolidáció általában négyszer annyi napot vett igénybe, mint ahány milliméter volt a nyújtás. Különösen jó eredményeket kaptunk a humeruson, volt betegünk, akinél 10 cm (45%) nyújtás után 210 nap alatt értünk el teljes konszolidációt.

Komplikációk annál gyakrabban léptek fel, minél nagyobb volt a hosszabbítás mértéke. A leggyakoribb a csavar, illetve a drót bemeneti nyílásánál fellépő felületi bőrgyulladás volt. Ezek lokális kezelésre jól gyógyultak. Tengelyeltérés, equinuskontraktúra, extenziós térdkontraktúra, átmeneti peroneusparezis, csavarkilazulás, haematoma suppuratiója, fractura, thrombophlebitis fordult elő.

1978 óta alkalmazzuk a Wagner-féle, 1980 óta az Ilizarov-féle készüléket. Ezek kényelmesek a betegek számára, mankóval jól tudnak járni, otthon tölthetik az időt, aktivitásukban a készülék lényegesen nem befolyásolja őket. Volt betegpárunk, amelynek mindkét tagja hosszabbító készüléket viselt az alsó végtagjában, és úgy kötöttek házasságot teljes ceremóniával, és volt olyan betegünk is, aki autót vezetett.

Mindkét módszerrel jó eredményeket értünk el. Fiataltabb korban inkább az Ilizarov-készüléket használjuk,

2. TÁBLÁZAT

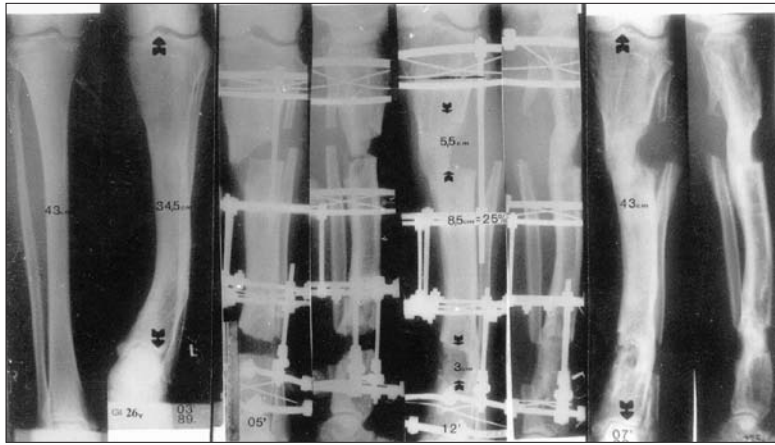
A rövidülés és a végtaghosszabbítás mértéke saját betegeink esetében (1977–2002)

Végtag	A műtét előtti hossz-különbség centiméterben	A hosszabbítás mértéke centiméterben (%)
Összes átlaga	6,1	5,2 (15,9)
Felső végtag (átlag)	6,5	4,6 (24,1)
Humerus	6,0	6,3 (27,8)
Radius, ulna	6,6	3,0 (20,8)
Alsó végtag (átlag)	5,8	5,3 (16,0)
Femur	6,2	5,4 (14,8)
Tibia	5,4	5,1 (17,1)
Metatarsus	2,6	1,2 (15,0)

A százalékos értékek a csont eredeti hosszához viszonyítottak.

7. ÁBRA

Egy 26 éves férfi bal lábszárának dyschondroplasiás eredetű, varus görbülete és 8 cm-es rövidülése. Két szinten, a proximális metaphysisben 5,5 cm, a distalisban 3 cm-es hosszabbítás és tengelykorrekció



amikor végig, a teljes összecsontosodásig a külső rögzítőt viseli a beteg. Idősebbeknél a Wagner-készüléket alkalmazzuk, amelyet a nyújtás befejezte után eltávolítunk, és a csontvégeket sínrel, csavarokkal rögzítjük.

Az eddigi műtéteinknél olyan komplikáció nem fordult elő, amelynek következtében maradandó károsodás jött volna létre. Igazolva látjuk Kawamura és munkatársai (5) által megadott indikáció kiszélesítését. A rövidülést kiváltó októl függően és a betegek egyéni sa-

játosságuk, reakciójuk szerint a hosszabbíthatóság mértéke jelentősen változik. A beszámolóinkban szereplő betegeknek egy kivételével elértük az ígért, az indokolt hosszabbítást, illetve kiegyenlítést.

Kezdetben a 10-15%-os nyújtáshoz tartottuk magunkat, később nem szabtuk merev korlátokat. Ennek ellenére, az 1977–1988 és a 1989–2002 közötti időszakot külön vizsgálva azt találtuk, hogy a hosszabbítás mértékében később is csak minimálisan haladtuk meg a csont eredeti hosszának a 15%-át. Úgy tűnik, hogy a kíváncsi és a szövődésmenyes nyújtás lehetősége összhangban van.

Két esetben fordult elő, hogy indokolatlannak találtuk a kérést, és nem vállaltuk a beavatkozást: egy 162 cm és egy 174 cm magas lány, illetve

fiú kérte magasztását; életük sikertelenségét mindketten alacsony termetüknek tulajdonították. Pszichológussal is konzultálva dysmorphophóbiát állapítottunk meg, ami nem indokolta a műtétet.

Bemutatott eseteinkkel is szeretnénk igazolni, hogy a végtaghosszabbító műtétek jó indikációval és technikával hálás területe az ortopédiának. Mind funkcionálisan, mind esztétikailag jó eredmény érhető el, és megszűnhet a beteg diszkriminációja, hátrányos helyzete.

IRODALOM

- Codivilla A. On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *Am J Orthop Surg* 1905;2:353-69.
- Anderson WV. Leg lengthening. *J Bone Joint Surg* 1952;34-B:150.
- Anderson M, Green WT, Messner MB. Growth and predictions of growth in the lower extremities. *J Bone Joint Surg* 1963;45-A:1-14.
- Mitchell GP. L'élongation du tibia. *Rev Chir Orthop* 1963;49:205-11.
- Kawamura B, Hosono S, Takahashi T, Yano T, Kobayashi Y. Limb lengthening by means of subcutaneous osteotomy. *J Bone Joint Surg* 1968;50-A:851-78.
- Wagner H. Operative lengthening of the femur. *Clin Orthop* 1978;136:125-42.
- Wagner H. Surgical lengthening or shortening of femur and tibia. Technique and indications. *Progress in Orthopaedic Surgery* 1977;1:71-94.
- Catagni MA, Malzev V, Kirienko A. Advances in Ilizarov apparatus assembly. *Maiocchi Bianchi A.* (ed.). 1998. *il quadratino Milan*.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop* 1989;238:249-81.
- Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 1990;250:8-26.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate frequency of distraction. *Clin Orthop* 1989;239:263-85.
- DeBastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio Trivella G. Limb lengthening by callus distraction (Callotaxis). *J Pediatr Orthop* 1987;7:129-34.
- Barta O. Operationsverfahren zum Längenausgleich der unteren Gliedmaßen. *Zbl Chir* 1962;87:499-506.
- Altörjai I, Füzési K, Praefort L, Szabó M. Az alsó végtagok hossz-különbségének műtéti correctiója. *Orv Hetil* 1971;112:3132-4.
- Vízkelety T. Lábszárhosszabbítás Kawamura módszerével. *Magy Traumatol* 1980;23:309-15.
- Vízkelety T. Lengthening of the lower limb. *Current Opinion in Orthopaedics* 1991;2:385-9.
- Vízkelety T, Marschalkó P. Limb lengthening operations. *Acta Chir Hung* 1992/93;33:55-77.
- Bronson DG, Samchukov ML, Birch JG. Stabilization of a short juxta-articular bone segment with a circular external fixator. *J Pediatr Orthop B* 2002;11:143-9.
- Koczewski P, Shai M, Napiontek M. Foot lengthening using the Ilizarov device: the transverse tarsal joint resection versus osteotomy. *J Pediatr Orthop B* 2002;11:68-72.
- Mader K, Gausepohl T, Pennig D. Shortening and deformity of radius and ulna in children: correction of axis and length by callus distraction. *J Pediatr Orthop B* 2003;12:183-91.
- Marti KR, ten Holder EJ, Kolen P. Lengthening osteotomy at the intertrochanteric level with simultaneous correction of angular deformities. *Int Orthop* 2001;25:355-9.
- Cheng JCY, Maffulli N, Sher A, Ng BKW, Ng E. Bone mineralization gradient at the callotaxis site. *J Orthop Sci* 2002;7:331-40.
- McCarthy JJ, Kim H, Saluan P, Karsky D, Davidson RS. The effects of limb lengthening on growth. *J Pediatr Orthop B* 2003;12:328-31.
- Narasaki K, Shimizu H, Beppu M, Aoki H, Takagi M, Takashi M. Effect of extracorporeal shock waves on callus formation during bone lengthening. *J Orthop Sci* 2003;8:474-81.
- Sakurakichi K, Tsuchiya H, Uehara K, Kabata T, Tomita K. The relationship between distraction length and treatment indices during distraction osteogenesis. *J Orthop Sci* 2002;7:298-303.
- Maffulli N, Nele U, Matarazzo L. Changes in knee motion following femoral and tibial lengthening using the Ilizarov apparatus: a cohort study. *J Orthop Sci* 2001;6:333-8.
- Arriola F, Forriol F, Canadell J. Histomorphometric study of growth plate subjected to different mechanical conditions (compression, tension and neutralization): an experimental study in lambs. Mechanical growth plate behavior. *J Pediatr Orthop B* 2001;10:334-8.
- Saleh M, Bashir HM, Farhan MJ, McAndrew AR, Street R. Tibial lengthening: does the fibula migrate? *J Pediatr Orthop B* 2002;11:302-6.