

Mojca Lunder¹, Primož Kuhar²

Napovedna vrednost metod za določanje razlike v dolžini spodnjih udov po epifiziodези

Predicting Value of Methods for Determinating Limb Length Discrepancy after Epyphisiodesis

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: nogi neenaka dolžina, kost podaljšanje – metode, epifize – kirurgija, kost razvoj

Izhodišče: Razlika v dolžini spodnjih udov (RDSU) je pogosta motnja, saj se pojavlja pri približno 15 % prebivalstva. Najpogostejša posledica nezdravljene RDSU je bolečina v križu. Potreba po zdravljenju se pojavi, ko je stanje za posameznika funkcionalno ali estetsko moteče. Z enostavnim operativnim posegom (epifiziodези) v obdobju pred zaključkom rasti lahko RDSU zmanjšamo oziroma izničimo. Pri tem je ključnega pomena določitev ustreznega časa operacije. Za napoved RDSU ob zrelosti okostja in za določanje ustreznega časa epifiziodези obstaja več metod: Moseleyjeva metoda, najnovejša metoda pomnoževanja in Menelausova metoda. Namen naše raziskave je neodvisno klinično ovrednotiti zgoraj navedene metode. Oceniti želimo tudi razliko v napovedni vrednosti izvirne metode pomnoževanja, ki upošteva kronološko starost (MP-KS), in spremenjene metode pomnoževanja, ki upošteva skeletno starost (MP-SS).

Metode: Retrospektivno smo pregledali popise 43 preiskovancev, ki so bili med letoma 1996 in 2003 operativno zdravljeni zaradi RDSU na Ortopedski kliniki, Klinični center Ljubljana. Po navedenih metodah smo izračunali predvideno RDSU ob zrelosti skeleta. Ocenili smo natančnost, točnost in soodvisnost metod. Napovedi smo primerjali s Studentovim t-testom za vsak par napovednih vrednosti posebej.

Rezultati: Moseleyjeva metoda in MP-KS enako natančno napove RDSU ob zrelosti okostja po epifiziodези (povprečna napaka napovedi RDSU Moseleyjeve metode: 0,58 cm, SD 0,38 cm; povprečna napaka napovedi RDSU MP-KS: 0,66 cm, SD 0,43 cm). MP-SS najbolj natančno napove RDSU ob zrelosti okostja po epifiziodези (povprečna napaka napovedi RDSU MP-SS: 0,34 cm, SD 0,31). MP-SS ima najmanjšo razpršenost okrog pravilnega rezultata. Menelausova metoda statistično značilno najmanj natančno napove RDSU ob zrelosti okostja ($p < 0,001$, parni Studentov t-test).

Zaključki: Metode, ki temeljijo na skeletni starosti, natančneje napovejo RDSU ob zaključku rasti kot metode, ki temeljijo na kronološki starosti. Kronološko starost je še vedno smiselno uporabljati za ambulantno predoperativno vodenje pacientov ob rednih kontrolah.

ABSTRACT

KEY WORDS: leg length inequality, bone lengthening – methods, epiphyses – surgery, bone – development

Background. Limb length discrepancy (LLD) is quite a frequent disorder; it develops in approximately 15% of the population. Lumbar pain is the most common consequence of untreated

¹ Mojca Lunder, dr. med., Klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana.

² Primož Kuhar, dr. med., Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor.

LLD. Treatment is usually indicated when the condition becomes functionally or esthetically disturbing for the patient. With a simple operation (epiphysiodesis) done before the patient reaches skeletal maturity, LLD can be reduced or equalized. In order to achieve a good outcome of epiphysiodesis, it is most important to choose an appropriate time for surgery. Three different methods can be used for this purpose: the Moseley method, the newest multiplier method, and the Menelaus method.

The aim of our work was to do an independent clinical verification of all the above-mentioned methods for predicting LLD at skeletal maturity by evaluating the difference in predicted LLD of the authentic multiplier method using the patient's chronological age (MP-KS) and a modified multiplier method using the patient's skeletal age (MP-SS).

Methods. The clinical and radiographic records were reviewed for 43 patients with LLD who have undergone knee epiphysiodesis at the Orthopedic Clinic of the Ljubljana Clinical Centre during the period from 1996 to 2003. Using all four of the above-mentioned methods, LLD was predicted at skeletal maturity. The accuracy, functionality and interdependence of the used methods were evaluated. To compare each pair of predicted values separately, the Student t-test was used.

Results. The Moseley method and the MP-KS were equally accurate in predicting LLD by the end of skeletal growth after epiphysiodesis (average mean error for Moseley: 0.58 cm, SD 0.38 cm; average mean error for MP-SS: 0.66 cm, SD 0.43 cm). The MP-SS method was the most accurate in predicting LLD by the end of skeletal growth after epiphysiodesis (average mean error for MP-SS: 0.34 cm, SD 0.31). The MP-SS also showed the lowest degree of dispersion around the actual result. The Menelaus method was statistically the least accurate in predicting LLD by the end of skeletal growth after epiphysiodesis ($p < 0.001$, paired Student t-test).

Conclusions. Methods based on skeletal age are more accurate in predicting LLD than those which are based on chronological age. However, chronological age is still a useful and recommended tool for preoperative outpatient treatment at regular medical check-ups.

UVOD

Razlika v dolžini spodnjih udov (RDSU) je motnja, pri kateri dolžini nog nista enaki (1, 2). Dolge kosti telesa rastejo v dolžino, dokler obstajata rastna (epifizna) hrustanca. Po končani rasti rastni hrustanec zakosteni v metafizo (3–5). Otrok najhitreje raste v prenatalnem obdobju, nato se rast upočasni vse do pubertetne pospešitve rasti, ko krivulja rasti otroka doseže značilni vrh (6).

Pojavnost RDSU v populaciji ocenjujejo na približno 15% (1, 2). Vzroki za RDSU so raznovrstni, prikazani so v tabeli 1 (1, 2, 7).

Pri otrocih, kjer se RDSU odkrije v času rasti, torej pred skeletno zrelostjo, poskušamo RDSU zmanjšati oziroma izničiti. Epifiziodeza je operativna metoda, s katero v določenem trenutku pred zrelostjo okostja zaustavimo rast na daljšem spodnjem udu. Bistveno pri tem je, da opravimo poseg ob natančno določenem času, da se ob zrelosti okostja dolžini spodnjih udov izenačita (1, 8, 9). Za napoved

RDSU ob zrelosti okostja in za določanje ustreznega časa epifiziodeze obstaja več metod: Pri nas in v svetu je trenutno najbolj priznana in uporabljena Moseleyjeva grafična metoda (10). Čeprav metoda načeloma omogoča določitev časa epifiziodeze že na podlagi enega samega pregleda, se zanesljivost napovedi poveča z večjim številom predoperativnih RTG skanogramov v različnih časovnih obdobjih. Metoda je primerna za spremljanje pacientov skozi daljše časovno obdobje, predvideva namreč vrisovanje novih točk v graf ob vsakem kontrolnem pregledu, kar omogoča pregleden prikaz pretekle otrokove rasti (1, 2, 11). Slabost metode je potreba po določitvi percentilne skupine in starosti (SS) pacienta, zato je tudi časovno potratna in zapletena (12). Največja prednost omenjene metode je ne samo določitev, temveč tudi samodejno upoštevanje preprečitve rasti krajše okončine (1, 2).

Pred kratkim osnovana in opisana metoda pomnoževanja temelji na uporabi enostavnih formul in omogoča hiter izračun

Tabela 1. Etiologija RDSU po posameznih diagnozah. Glavni vzroki RDSU.

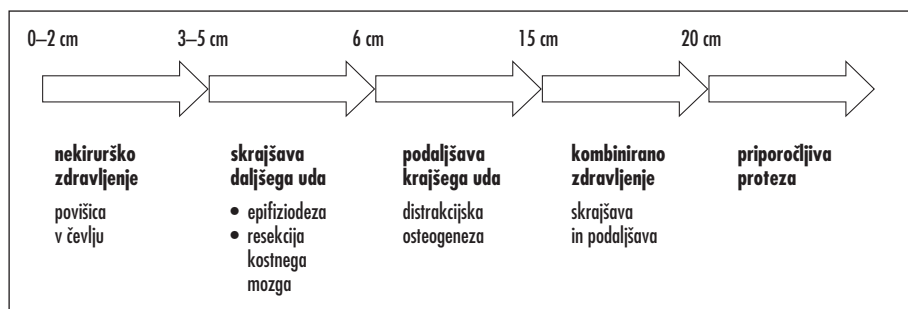
VZROKI	VRSTA MOTNJE, ki lahko privede do:	
	skrajšave uda	podaljšave uda
Kongenitalni (prirojeni)	hipoplazije kongenitalni coxa vara nevrofibromatoza	anizomelija (hemihipertrofija) žilne malformacije
Poškodbe	zlomi epifizni zlomi s poškodbo ravnega hrustanca	celjenje zlomov s stimulacijo ravnega hrustanca
Infekcije	osteomielitis, ki poškoduje rasti hrustanec septični artritis	osteomielitis s stimulacijo ravnega hrustanca
Nevrološki	cerebralna paraliza mielodisplazija poliomielitis	
Tumorji ali displazije	maligni tumorji multiple eksostoze fibrozna displazija Mb. Ollier	hemangiom
Vnetni	revmatoidni artritis hemofilija	revmatoidni artritis in hemofilija s stimulacijo ravnega hrustanca
Ostalo	Legg-Perthesova bolezen radiacijska terapija	

RDSU ob zrelosti okostja ter ustreznega časa epifiziozeze brez zamudnega risanja graf. Temelji le na enem ali dveh rentgenskih slikanjih, je neodvisna od percentilne skupine in je enaka za napoved stegenične, golenične ter celotne dolžine spodnjega uda (13). Slabost metode je, da je uporabna le pri pacientih, pri katerih je rast krajšega uda prenosorazmerna z rastjo daljšega uda. Prvotno osnovana metoda pomnoževanja temelji na kronološki starosti (KS). Avtor opisane metode je v svoji najnovejši raziskavi primerjal izračune z uporabo KS in SS. Glede smiselnosti določanja SS se ni dokončno opredelil (12, 13).

Menelausova metoda je enostavna aritmetična metoda za izračun časa epifiziozeze (8, 14).

Odločitev, kdaj in na kakšen način je potrebno zdravljenje RDSU, je pogosto težka in se med posameznimi avtorji zelo razlikuje. Nekateri svetujejo zdravljenje RDSU že pri razliki enega centimetra (15), drugi zatrjujejo, da zdravljenje ni potrebno do razlike petih centimetrov (16). Slika 1 prikazuje priporočene načine zdravljenja po posameznih stopnjah RDSU (7).

Številni avtorji menijo, da je kirurško zdravljenje priporočljivo tudi pri pacientih z blagimi oblikami RDSU, če je stanje za



Slika 1. Priporočeno zdravljenje po posameznih stopnjah RDSU (od 0 do > 20 cm).

pacienta funkcionalno ali estetsko moteče (17–19). Najpogostejše posledice nezdravljene RDSU so: povečana poraba energije med hojo in posledično zmanjšana zmožnost telesnih aktivnosti v primerjavi z zdravim prebivalstvom, estetsko moteča hoja, ekvinusna kontraktura gležnja krajšega uda, funkcionalna skolioza zaradi nagiba hrbtenice, bolečine v hrbtu, degenerativna artroza lumbalnih in sakroiliakalnih sklepov (2, 7, 20).

V literaturi lahko najdemo številne članke, v katerih primerjajo obstoječe metode za določanje časa epifizioideze, med katerimi se je za najzanesljivejšo največkrat izkazala Moseleyjeva metoda (10). Paley in sodelavci so razvili metodo pomnoževanja, njena natančnost in napovedna vrednost pa do sedaj še nista bili neodvisno preverjeni. V njihovih raziskavah se je metoda pomnoževanja izkazala za natančnejšo od Moseleyjeve (13, 21).

Namen naše raziskave je neodvisno klinično ovrednotiti štiri metode, ki napovedujejo končno RDSU po epifizioidezi: Moseleyjevo metodo, izvirno metodo pomnoževanja, ki upošteva KS (MP-KS), spremenjeno metodo pomnoževanja, ki upošteva SS (MP-SS), in Menelausovo metodo. Še posebej nas zanima, ali določitev SS pomembno izboljša napovedno vrednost v primerjavi z metodami, ki upoštevajo samo KS.

PREISKOVANCI IN METODE DE LA

V retrospektivno raziskavo so bili vključeni preiskovanci, ki so bili operativno zdravljeni zaradi RDSU na Ortopedski kliniki KC v Ljubljani med letoma 1996 in 2003. Preiskovancev zaradi raziskave nismo dodatno zdravstveno ogrožali. Vsi podatki so bili pridobljeni v okviru rednega pred- in pooperativnega spremljanja ter zdravljenja, poskrbeli smo za varovanje zaupnosti osebnih medicinskih podatkov.

Pregledali smo operacijske popise in ambulantne kartoteke 55 preiskovancev (tabela 2). V raziskavo smo vključili preiskovance s potrebno medicinsko dokumentacijo (vsaj en RTG posnetek spodnjih udov predoperativno, vsaj ene klinične ali RTG meritve spodnjih udov ob zrelosti okostja), ki so bili ambulantno spremljani ter rentgenološko ali klinično merjeni vse do zrelosti okostja. Dodat-

Tabela 2. Pregledani popisi preiskovancev – prikaz vključenih in izključenih iz raziskave po diagnozah in po spolu.

Vključeni v analizo	Izključeni iz analize
38-krat idiopatska anizomelija	5 popoškodbeni etiologija
2-krat razvojna displazija kolka	1 Mb. Perthes
1-krat juvenilni revmatoidni artritis	1 nadaljnji posegi pred skeletno zrelostjo
1-krat hemangiom	5 pomanjkljivi podatki
1-krat Mb. Ollier	
43 preiskovancev (31 dečkov, 12 deklic)	12 preiskovancev (6 dečkov, 6 deklic)

na merila so bila tudi izračun SS ter opravljen AP rentgenogram spodnjih udov ob zadnji predoperativni kontroli, nepoškodbeni etiologija RDSU, povečevanje predoperativne RDSU premosorazmerno s časom ter odsotnost kakršnih koli dodatnih operativnih posegov na spodnjih udih pred skeletno zrelostjo.

Povprečna starost ob epifizioidezi je bila pri dečkih 14,0 let (v razponu od 12,8 do 15,8), pri deklicah pa 12,4 let (v razponu od 10,8 do 13,7). Epifizioideza je bila opravljena pri 24 preiskovancih na stegenici, pri 2 preiskovancih na golenici ter pri 17 preiskovancih na stegenici in golenici hkrati. Pri 36 preiskovancih ni bilo pooperativnih zapletov. Pri enem preiskovancu je prišlo do okužbe kolenskega sklepa, pri treh se je pooperativno razvila varusna motnja kolena, pri dveh valgusna motnja kolena. Pri enem preiskovancu je prišlo do zmanjšane gibljivosti kolenskega sklepa.

Povprečni čas skupnega (pred- in pooperativnega) spremljanja je bil 6,3 let; pri dečkih povprečno 5,6 let (od 1,3 do 15,4 let) in pri deklicah povprečno 7,9 let (od 1,7 do 13,8 let). Povprečni čas pooperativnega sledenja vseh vključenih preiskovancev je znašal 2,7 let; pri dečkih povprečno 2,6 let (od 1,0 do 4,5 let) in pri deklicah povprečno 2,8 let (od 1,0 do 5,0 let).

Povprečna predoperativna RDSU pri preiskovancih v naši raziskavi je bila 2,4 cm (od 1,2 do 4,8 cm), povprečna pooperativna RDSU pa 0,4 cm (od -0,6 do 2,0 cm) (znak – označuje hiperkorekcijo). RDSU ob zrelosti okostja smo pri 18 preiskovancih odčitali rentgenografsko, pri 25 preiskovancih pa klinično z meritvami z deščicami in šiviljskim metrom.

Metode izračuna RDSU ob skeletni zrelosti

Moseleyjeva metoda

Za našo raziskavo smo uporabili podatke o izračunih po Moseleyjevi metodi iz medicinske dokumentacije preiskovancev. Izračun RDSU ob skeletni zrelosti po Moseleyjevi metodi izvedemo s pomočjo grafa, kamor za posameznega preiskovanca ob vsakem obisku vnesemo absolutni dolžini obeh spodnjih udov in trenutno SS. Izračun SS temelji na odčitavanju osifikacijskih jeder pravilno narejenega standardnega RTG posnetka levega zapestja in roke, ki ga primerjamo s slikami v Greulich Pyle atlasu (Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist). Metoda določanja SS je subjektivna, zato je za določitev potrebna izkušnost odčitovalca. Pri preiskovancih, vključenih v raziskavo, je vse izračune SS opravila ena oseba (N.B.). S približkom točk, ki predstavljajo vnesene SS ob posameznih obiskih, določimo rastno percentilo. Na presečišču krivulj dolžin obeh udov z navpično linijo ob skeletni zrelosti odčitamo predvidene dolžine spodnjih udov in RDSU ob skeletni zrelosti (slika 2).

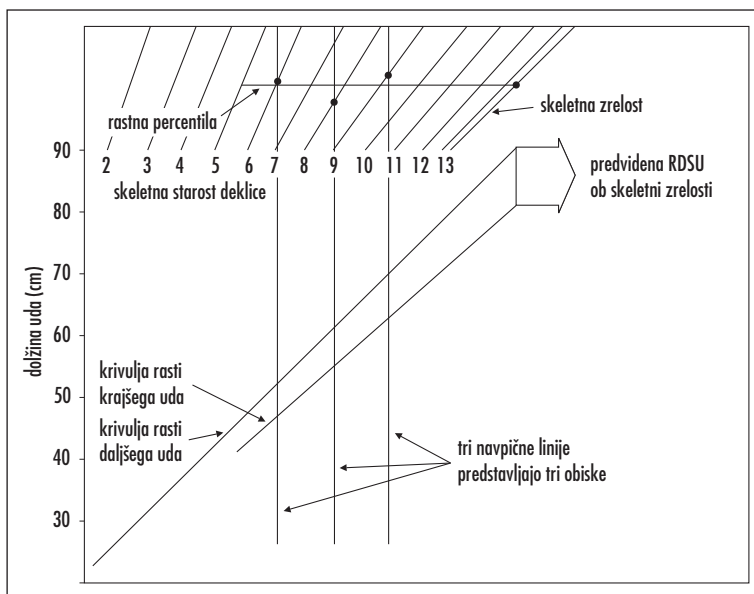
Na Ortopedski kliniki, KC Ljubljana, so termin in mesto epifiziodize z uporabo Mose-

leyjeve metode načrtovali tako, da bi prišlo do popolne izravnave RDSU ob zaključku rasti. Zaradi organizacijskih težav je v nekaj primerih dejanski čas operacije odstopal od predvidenega po Moseleyju, in sicer je bila pri 8 preiskovancih epifiziodize izvedena 1 mesec kasneje, kot je predvidel Moseleyjev izračun, pri 4 je bila razlika 2 meseca, pri 6 preiskovancih pa 3 mesece. Pri teh preiskovancih smo v raziskavi v skladu z Moseleyjevo metodo naknadno popravili predvidene vrednosti RDSU.

Metoda pomnoževanja

Za izračun predvidenega RDSU po metodi pomnoževanja smo uporabili dva pristopa: pri prvem smo upoštevali KS (MP-KS), pri drugem pa SS (MP-SS).

Na podlagi množitelja (upoštevaje KS in SS) in trenutne RDSU smo pri preiskovancih z idiopatsko motnjo izračunali predvideno RDSU ob zaključku rasti, če naj bi bila narejena epifiziodize, po formuli (Δ_m): $\Delta_m = \Delta \times M$, kjer je Δ RDSU razlika v dolžini spodnjih okončin, M pa je množitelj v trenutku opazovanja. M glede na starost (SS ali KS) in spol smo odčitali iz tabel. Predviden preostanek rasti v fizi daljšega uda, kjer je bila opravljena epifiziodize (G_{fize}), smo izračunali



Slika 2. Primer prikaza izračuna predvidene RDSU ob skeletni zrelosti za deklice po Moseleyjevi metodi.

s formulo: $G_{fize} = L \times (M - 1) \times \kappa$. κ predstavlja konstanto, ki je pogojena z mestom epifizioze (distalna stegnenica 0,71; proksimalna golenica 0,57; kombinirano: distalna stegnenica in proksimalna golenica 0,67). Preostala RDSU ob določeni starosti (bodisi SS ali KS) po opravljeni epifiziozi (Δ_{res}) tako predstavlja razliko med predvideno RDSU od zrelosti okostja, če ne bi bila narejena epifizioza, in preostankom rasti na fizi, kjer je bila narejena epifizioza: $\Delta_{res} = \Delta_m - G_{fize}$.

Menelausova metoda

Predvidena RDSU ob zrelosti okostja (Δ_{res}) je razlika med RDSU v opazovanem trenutku (Δ) in preprečitvi rasti (Δ_i), ki jo predvidi Menelausov izračun: $\Delta_{res} = \Delta - \Delta_i$. Preprečitev rasti (Δ_i) smo izračunali glede na hitrost rasti uda v področju, kjer je bila narejena epifizioza: $\Delta_i = t_{res} \times v$. t_{res} predstavlja čas preostanka rasti od epifizioze do zaključka rasti; v pomeni konstanto za hitrost rasti glede na mesto epifizioze (distalni del stegnenice 1 cm/leto, proksimalni del golenice 0,6 cm/leto, distalni del stegnenice in proksimalni del golenice 1,6 cm/leto). t_{res} smo izra-

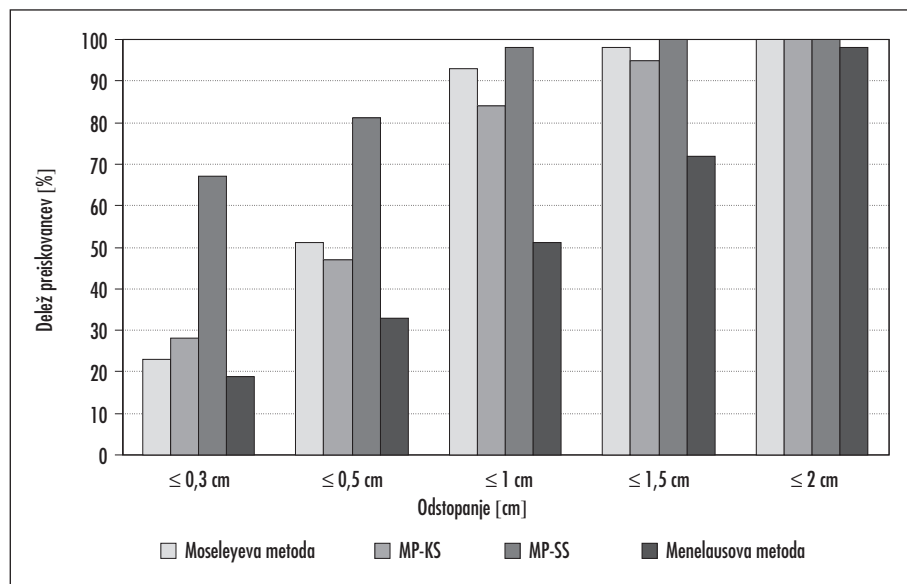
čunali s pomočjo formule: $t_{res} = K - t$, kjer je t starost, pri kateri je bila narejena epifizioza, in K konstanta (za dečke 16 let, za deklice 14 let).

Statistična obdelava

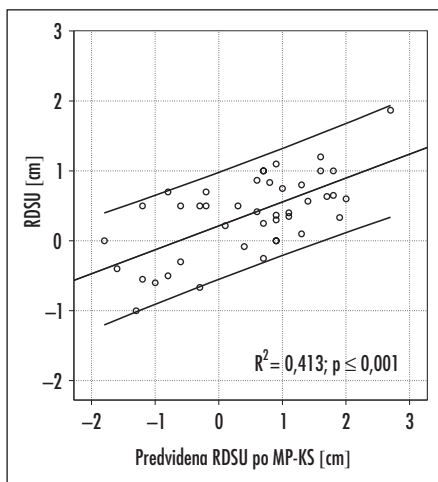
Podatke smo analizirali z uporabo deskriptivnih statističnih metod.

Rezultati so prikazani s frekvenčnimi porazdelitvami; prikazana je aritmetična sredina spremenljivk s standardnimi deviacijami ($\bar{x} \pm SD$). Za izračun statističnih vrednosti ter slikovni prikaz smo uporabili programe Excel 2002 in SPSS 13.0 for Windows.

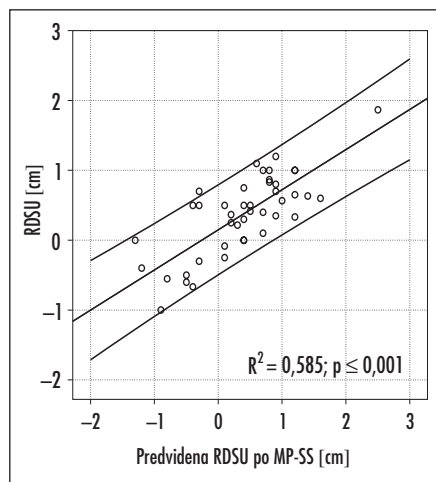
Za oceno natančnosti smo s parnim Studentovim t-testom primerjali absolutne vrednosti napak Moseleyjeve metode z absolutnimi vrednostmi napak ostalih treh metod (MP-SS, MP-KS, Menelausova metoda). Za oceno točnosti smo s parnim Studentovim t-testom primerjali predvidene vrednosti RDSU vsake metode z dejanskimi vrednostmi RDSU. Za oceno soodvisnosti med predvidenimi RDSU in dejanskimi RDSU ob skeletni zrelosti za vsako metodo posebej smo uporabili dvosmerni korelacijski test po Pearsonu.



Slika 3. Napaka metod pri napovedi RDSU ob skeletni zrelosti. Odstotek preiskovancev, pri katerih predvideni RDSU po Moseleyjevi metodi, MP-KS, MP-SS ter Menelausovi metodi odstopa od dejanskega RDSU za $\leq 0,3$ cm, $\leq 0,5$ cm, ≤ 1 cm, $\leq 1,5$ cm, ≤ 2 cm. (Moseley – Moseleyjeva metoda, MP-KS – metoda pomnoževanja z uporabo kronološke starosti, MP-SS – metoda pomnoževanja z uporabo skeletne starosti, Menelaus – Menelausova metoda).



Slika 4. Prikaz povezanosti med dejansko pooperativno RDSU in predvideno RDSU po MP-KS (MP-KS – Metoda pomnoževanja z uporabo kronološke starosti).



Slika 5. Prikaz povezanosti med dejansko pooperativno RDSU in predvideno RDSU po MP-SS (MP-SS – Metoda pomnoževanja z uporabo skeletne starosti).

REZULTATI

Napaka metod pri napovedi RDSU ob skeletni zrelosti

Napaka pri napovedi RDSU ob zrelosti okostja predstavlja absolutno vrednost razlike med RDSU in predvidenimi RDSU po Moseleyjevi metodi, MP-KS, MP-SS ali Menelausovi metodi (tabela 3, slika 3).

Natančnost metod prikazuje tabela 4. Za oceno natančnosti smo s parnim Studento-

vim t-testom absolutne vrednosti napak Moseleyjeve metode primerjali z absolutnimi vrednostmi napak ostalih treh metod (MP-SS, MP-KS, Menelausova metoda).

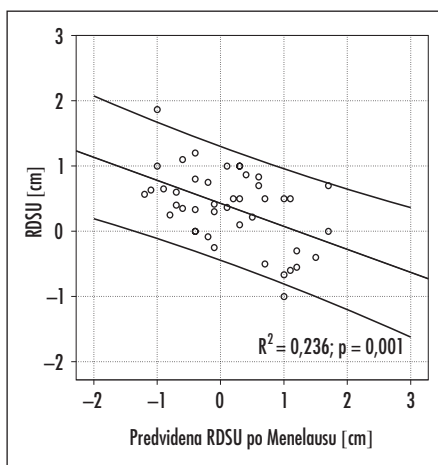
Pri oceni točnosti smo s parnim Studentovim t-testom predvidene vrednosti RDSU vsake metode primerjali z dejanskimi vrednostmi RDSU. Pri tem smo ugotovili, da Moseleyjeva ($p < 0,001$) in Menelausova metoda

Tabela 3. Napaka pri napovedi RDSU po Moseleyjevi metodi, MP-KS, MP-SS in po Menelausovi metodi.

	Moseleyjeva metoda	MP-KS	MP-SS	Menelausova metoda
Povprečna absolutna napaka [cm]	0,58	0,66	0,34	1,03
SD	0,38	0,43	0,31	0,69
Min.	-1,00	0,1	0	0,1
Maks.	1,87	1,8	1,3	3

Tabela 4. p vrednosti parnega Studentovega t-testa med povprečnimi absolutnimi napakami metod (** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$). Moseley – Moseleyjeva metoda, MP-KS – Metoda pomnoževanja z uporabo kronološke starosti, MP-SS – metoda pomnoževanja z uporabo skeletne starosti, Menelaus – Menelausova metoda.

	MP-KS	MP-SS	Menelaus
Moseley	0,371 NS	0,002 **	<0,001 ***



Slika 6. Prikaz povezanosti med dejansko pooperativno RDSU in predvideno RDSU po Menelausovi metodi.

($p = 0,045$) najmanj točno napovesta učinek epifizioze. Pri ostalih dveh metodah nismo ugotovili statistično pomembnega odstopanja povprečja predvidenih vrednosti od povprečja dejanskih vrednosti (MP-KS $p = 0,883$; MP-SS $p = 0,730$).

Soodvisnost metod (dvosmerni korelacijski test po Pearsonu med predvideno RDSU in dejansko RDSU ob skeletni zrelosti) je prikazana na slikah 4, 5 in 6.

Primerjava SS in KS preiskovancev

Primerjava povprečne KS in SS pri preiskovancih ob epifiziozi pokaže, da je bila pri dečkih povprečna KS ob epifiziozi 14,0 let, povprečna SS 14,1 leta; pri deklicah je bila povprečna KS ob epifiziozi 12,4 leta, povprečna SS pa 12,2 leta. KS je bila višja od SS pri 29 % dečkov ter pri 50 % deklic. Odstopanje KS od SS ob epifiziozi je bilo pri 23 % dečkov in pri 33 % deklic manjše oziroma enako enemu mesecu, pri 65 % dečkov in pri 58 % deklic manjše ali enako trem mesecem in pri 97 % dečkov in 83 % deklic manjše oziroma enako šestim mesecem.

Povprečno absolutno odstopanje med KS in SS je absolutna razlika med KS in SS pri posameznih preiskovancih. Povprečno absolutno odstopanje med KS in SS je pri dečkih $3,2 \pm 2,2$ meseca, pri deklicah pa $5,0 \pm 5,8$ mesecev.

RAZPRAVA

Naša raziskava predstavlja prvo neodvisno ovrednotenje natančnosti in zanesljivosti metode pomnoževanja in je zato za vsakdanjo klinično prakso zelo aktualna. Edino klinično ovrednotenje te metode doslej je objavila le raziskovalna skupina prof. Drora Paleyja, ki je avtor metode. Njihova klinična študija je zajela 60 preiskovancev (21, 22), v našo raziskavo pa smo vključili 43 preiskovancev, kar ni bistveno manj od raziskave omenjenega avtorja.

Ocena napovedne vrednosti metod

Končni uspeh izenačitve RDSU z epifiziozami, ki so bile v obdobju od 1996 do 2003

opravljene na Ortopedski kliniki KC v Ljubljani, je primerljiv z opisanimi v literaturi (9, 18, 23). Absolutna vrednost končne RDSU je znašala 0,63 cm, kar je v območju klinične sprejemljivosti. Pri naših preiskovancih smo v 9 % primerov ugotovili popolno izravnavo RDSU ob zrelosti skeleta, v 74 % je prišlo do premajhne poprave in v 16 % do prekomerne poprave. Do prekomerne poprave je pogostejše prišlo pri deklicah (33 %) kot pri dečkih (10 %). Mnogo zdravnikov je mnenja, da je prekomerna poprava dolžinske motnje hujši zaplet kot premajhna poprava (10). Kot je navajal Little, je tudi v naši raziskavi Menelausova metoda sistematično podcenila učinek epifizioze in pri vseh v povprečju povzročila preveliko popravo, vse ostale metode pa so v povprečju na ničli. Po drugi strani pa je Menelausova metoda v nekaj primerih napovedala preveliko popravo, čeprav do nje dejansko ni prišlo. Zanimivo je, da je že Menelaus zaradi preprečevanja prevelike poprave zagovarjal uporabo svoje metode za določanje časa epifizioze le pri manjših RDSU tik pred zrelostjo skeleta (14).

Po Moseleyjevi metodi, MP-KS, MP-SS in Menelausovi metodi smo predvideli RDSU ob zrelosti okostja. Tako izračunano napoved smo primerjali z dejanskimi RDSU pri naših preiskovancih. Najmanjša povprečna napaka napovedi RDSU ob skeletni zrelosti je bila pri MP-SS (0,34 cm), nizka je bila tudi pri Moseleyjevi metodi (0,58 cm). Pri MP-KS in Menelausovi metodi je povprečna napaka napovedi RDSU ob zrelosti okostja večja (0,66 in 1,03 cm). Razpršenost napovedi je bila pri Moseleyjevi metodi večja kot pri MP-SS. Izkazalo se je, da imajo metode, ki temeljijo na uporabi SS, višjo napovedno vrednost v primerjavi z metodami, ki temeljijo na uporabi KS. Pri MP-SS in Menelausovi metodi je razlika statistično značilna.

Naše ugotovitve odstopajo od ugotovitev avtorjev metode pomnoževanja, saj je imela v njihovi raziskavi najmanjšo povprečno napako pri napovedi RDSU ob skeletni zrelosti MP-KS (0,9 cm), sledila ji je MP-SS (1 cm) in na koncu Moseleyjeva metoda (1,3 cm) (21). V naši raziskavi je bila torej povprečna napaka napovedi RDSU ob zrelosti okostja z uporabo MP za več kot polovico manjša kot pri avtorju metode (21). Vzrok za to gre iskati predvsem

v tem, da so imeli naši preiskovanci predoperativno znatno nižje RDSU (2,4 cm) kot preiskovanci v Paleyjevi študiji (RDSU 3,12 cm) (10). Iz tega razloga so bili njegovi preiskovanci operirani pri nižji starosti, kar že samo po sebi poveča tveganje za napake pri predvidevanju preostanka rasti spodnjih udov. Kljub manjšemu povprečnemu odstopanju pa v primerjavi z avtorji metode nismo ugotovili enako močnih soodvisnosti med RDSU ob skeletni zrelosti in predvideno RDSU po metodi pomnoževanja. Paley in sodelavci so ugotavljali najmočnejšo pozitivno povezanost med MP-KS in dejansko RDSU ($R^2 = 0,93$), nekoliko slabša povezanost je bila med MP-SS in dejansko RDSU ($R^2 = 0,90$). V njihovi raziskavi se je MP-KS izkazala za natančnejšo od MP-SS (22). V naši raziskavi pa je bila statistično značilno najmočnejša pozitivna povezanost med dejansko RDSU in predvideno RDSU po MP-SS ($R^2 = 0,585$; $p < 0,001$); nekoliko šibkejša je bila povezanost med predvideno RDSU po MP-KS in dejansko RDSU ($R^2 = 0,413$; $p < 0,01$). Med predvideno RDSU po Menelausovi metodi in dejansko RDSU je bila povezanost najšibkejša ($R^2 = 0,236$; $p = 0,001$). Do te razlike je deloma prišlo tudi zato, ker je bila dobra polovica preiskovancev (58 %) v naši študiji ob zaključku rasti merjena klinično in ne radiografsko. Posledica tega je bila velika razpršenost meritev okoli pravilne vrednosti pri merjenju RDSU ob zrelosti okostja.

Več kot 95 % napovedi dolžine spodnjih udov z uporabo Moseleyjeve metode, MP-KS in MP-SS je od dejansko izmerjene RDSU ob zaključku rasti odstopalo za $\leq 1,5$ cm. Pri uporabi Menelausove metode je takšno uje-manje doseglo le 72 % primerov. V Paleyjevi raziskavi so bili deleži napovedi, ki so odstopale od dejansko izmerjenih RDSU za ≤ 2 cm, nekoliko manjši (MP-KS 95 %, MP-SS 91 % in Moseley 79 %), kar pa spet lahko pripišemo dejstvu, da so imeli njihovi preiskovanci predoperativno pomembno večje RDSU (21).

Paley in Little sta v svoje raziskave vključila tudi preiskovance s poliomielitisom, ki so bili mlajši od preiskovancev v naši študiji. Pri mlajših pacientih so razlike med KS in SS manjše oziroma so relativno manj pomembne (12). V naši študiji so večino primerov predstavljali preiskovanci z idiopatsko RDSU,

saj zaradi cepljenja proti poliomielitisu tovrstnega vzroka bolezni več ne srečujemo (24). Mnogo pogostejši so pri nas preiskovanci, ki imajo anizomelijo neznanega izvora. Te preiskovance smo začeli spremljati šele takrat, ko se je RDSU povečevala in postala moteča (RDSU v naši študiji je bila manjša kot pri Littlu in Paleyju). Naši preiskovanci so bili spremljani bolj proti zaključku rasti, ko je hitrost rasti največja, zato imajo že majhna odstopanja med kronološko starostjo in skeletno starostjo relativno velik vpliv na preostanek rasti spodnjih udov (6, 25).

Pooperativni zapleti so bili redki. Pri 84 % preiskovancev ni prišlo do pooperativnih zapletov, kar je mnogo bolje kot v poročilu, ki ga je objavil Little (76 %) (10). Vzrok za takšno odstopanje je verjetno v tem, da se je postopek epifiziodize od leta 1976, ko so bili opravljeni posegi na preiskovancih, vključenih v njegovo študijo, spremenila in posodobila. O podobnem številu pooperativnih zapletov (15 %) kot v naši študiji je poročal Craviari (23).

Ugotovili smo, da Moseleyjeva meritev inhibicije in percentilne skupine ne vpliva toliko na končni rezultat, saj metoda pomnoževanja že z eno samo meritvijo poda zadovoljiv približek RDSU. Naši izsledki se torej skladajo z ugotovitvami drugih avtorjev, da se pglavitni vir napake pri obeh metodah skriva predvsem pri napovedovanju, kdaj bo preiskovanec prenehal rasti (12, 26, 27). Moseleyjeva metoda se je v naši raziskavi izkazala za nekoliko slabšo, kot bi lahko bila dejansko, ker so določitve časa epifiziodize po tej metodi v nekaterih primerih temeljile na eni sami meritvi, tako da ni bilo mogoče ustrezno določiti zavrtja rasti. Tudi drugi avtorji se srečujejo s tem problemom in ugotavljajo, da več različnih meritev spodnjih udov v različnih časovnih obdobjih vodi v zanesljivejšo in natančnejšo napoved kot ena sama meritev (2, 10, 13, 27). Zato Paley priporoča, naj napoved RDSU ne temelji na eni sami meritvi oziroma na enem rentgenogramu. V praksi se velikokrat zgodi, da zdravnik obravnava pacienta brez predhodnih RTG posnetkov ali zelo mladega pacienta z več stariimi RTG posnetki, družina in zdravniki pa bi vseeno radi vedeli, kakšna je predvidena RDSU ob zrelosti okostja (12, 13). Naša

raziskava je potrdila ugotovitve avtorjev metode, da je za takšne primere z majhnimi RDSU metoda pomnoževanja enako natančna kot Moseleyjeva metoda.

Po naših ugotovitvah je metoda pomnoževanja primerna za ambulantno ocenjevanje RDSU. Zdravnik bi lahko tako za večino preiskovancev na podlagi tabele že v ambulanti vsaj približno ocenil, kdaj bo potrebna epifiziozeza. Na podlagi tega bi lahko enostavneje načrtoval pogostnost nadaljnjih kontrolnih pregledov. Zanesljivost napovedi RDSU po metodi pomnoževanja ob zrelosti okostja je tem večja, čim starejši je otrok. Moseleyjeva metoda je prezapletena za sporno uporabo v ambulanti, metoda pomnoževanja pa omogoča preprost izračun z vstavitvijo treh podatkov (obstoječa RDSU, starostni M, koeficient glede na mesto predvidene epifiziozeze) v enačbo (12, 13).

Glede na hitrost rasti pri naših preiskovancih, ki predstavljajo reprezentativen vzorec značilnih potencialnih bolnikov po starosti in vzroku dolžinske motnje, torej ugotavljamo, da je v zadnjem letu pred epifiziozezo smiselno predoperativno spremljati bolnike klinično vsake tri mesece. Prirastek uda v šestih mesecih (približno 0,5 cm) (10, 14) lahko ob omejeni natančnosti metode privede do slabega uspeha epifiziozeze, kar je potrebno naknadno popraviti s konzervativnimi metodami.

Dobra metoda za določanje RDSU ob zrelosti okostja in časa epifiziozeze mora biti ne le enostavna in hitra, ampak tudi natančna (22). Metoda pomnoževanja je vsekakor enostavnejša od Moseleyjeve, obenem pa natančnejša od Menelausove metode. Z metodo pomnoževanja lahko poenostavimo določanje časa epifiziozeze, Moseleyjevo metodo pa uporabimo le pri določenih preiskovancih.

Ovrednotenje uspeha epifiziozeze je lahko klinično ali z uporabo slikovnih metod. Slabost in glavna šibka točka naše raziskave je klinična meritev pooperativnega uspeha pri več kot polovici preiskovancev. Klinična meritev RDSU je namreč natančna samo do 0,8 cm. Potrebno pa je poudariti, da so razlike v razponu do 0,5 cm klinično nepomembne in neopazne ter veljajo za normalno fiziokinematično stanje (20).

Tehnost rezultatov bi bilo mogoče izboljšati s pooperativnim spremljanjem preiskovancev

do starosti, ko je okostje zanesljivo zrelo. Končni uspeh epifiziozeze pa bi bilo smiselno v vseh primerih ovrednotiti tako klinično kot radiološko.

Izravnava RDSU je bila vedno delno umetnost, delno znanost in ob načrtovanju časa epifiziozeze delno tudi špekulacija (25).

Smiselnost določanja skeletne starosti (SS)

Mnenja o smiselnosti določanja so deljena. Že Anderson je leta 1963 priporočil uporabo SS namesto kronološke starosti (KS) pri deklicah, starejših od 9 let, in pri dečkih, starejših od 12 let. Nekateri avtorji priporočajo uporabo SS pri pacientih, starejših od 10 let (12, 13, 27). Little in sodelavci pa so mnenja, da metode, ki uporabljajo SS, niso natančnejše od metod, ki uporabljajo KS (10). Če sta SS in KS enaki, sta obe napovedi skladni oziroma enako natančni. Največje napake pri napovedi dolžine udov nastanejo pri otrocih, pri katerih SS odstopa od KS za več kot eno leto (27). Z zgodnjim določanjem SS lahko odkrijemo paciente, pri katerih SS odstopa od KS. Pri teh je potrebno nadaljnje določanje SS (10). Ko se otrok bliža zrelosti okostja, se zakasnela SS pospešeno bliža KS (27).

Razlika med SS in KS je bila pri deklicah pogosto več kot pol leta, iz česar bi lahko povzeli, da je določanje SS pomembno zlasti pri deklicah. SS je smiselno določiti enkrat v obdobju, preden je epifiziozeza indicirana (vendar ne v najzgodnejšem obdobju; najbolje pri starosti okrog 10 let). V primeru velikih odstopanj med KS in SS je potrebno pogostejše določanje in spremljanje SS, ob izračunavanju RDSU ob zrelosti okostja pa je smiselno upoštevati SS, ker imajo metode, ki upoštevajo SS (to je Moseleyjeva metoda in MP-SS), natančnejšo napovedno vrednost.

ZAKLJUČKI

Moseleyjeva metoda in MP enako natančno napove RDSU ob zrelosti okostja po epifiziozezi. Uporaba SS namesto KS izboljša napovedno vrednost metode. Menelausova metoda statistično značilno najmanj natančno napove RDSU ob skeletni zrelosti in v povprečju precenjuje učinek epifiziozeze.

MP-KS je manj natančna od MP-SS in Moseleyjeve metode glede napovedane RDSU ob zrelosti okostja. MP-SS je imela nižjo povprečno napako napovedi RDSU ob zrelosti okostja kot MP-KS ter manjšo razpršenost okrog pravilnega rezultata.

Metode, ki temeljijo na SS, natančneje napovejo RDSU ob zaključku rasti kot metode, ki temeljijo na KS. KS je še vedno smiselno

uporabljati za ambulantno predoperativno vodenje pacientov ob rednih kontrolah.

ZAHVALA

Zahvaljujeva se vsem, ki so nama pomagali pri izdelavi pričujočega dela, še posebno prof. dr. Vanetu Antoliču, dr. med., Nataši Berden, dr. med., in dr. Blažu Mavčiču, dr. med.

LITERATURA

1. Stricker JS, Hunt T. Evaluation of leg length discrepancy in children. *International Pediatrics*, 2004; 19, 3.
2. Moseley CF. Leg length discrepancy. *Orthopedic Clinics of North America*, 1987; 18: 529–33.
3. Kobe V, Dekleva A, Lenart IF, et al. Anatomija (Skripta za študente medicine). Medicinska fakulteta v Ljubljani, 1995: 20–4.
4. Price JS, Oyajobi JO, Russell RGG. The cell biology of bone growth. Dosegljivo na URL: <http://www.unu.edu/unupress/food2/UID06E/uid06e0u.htm>
5. Kališnik M. Oris histologije z embriologijo. Medicinska fakulteta v Ljubljani: Tiskarna Pleško; 2003; 33–45.
6. Mardešić D. *Pedijatrija*. Zagreb: Školska knjiga, 1991: 33–7.
7. Dahl MT. Limb Length Discrepancy. *Pediatric Clinics of North America*, 1996; 849–65.
8. Tachdjian MO. *Tachdjian's pediatric orthopaedics: from the Texas Scottish rite hospital for children*. 3rd ed. W.B. Saunders Company; 2002. p. 1040–99.
9. Surdam JW, Morris CD, DeWeese JD, et al. Leg length inequality and epiphysiodesis: review of 96 cases. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2003; 23: 381–4.
10. Little DG, Nigo L, Aiona MD. Deficiencies of current methods for the timing of epiphysiodesis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1996; 16: 173–9.
11. Moseley CF. A straight-line graph for leg-length discrepancies. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 1977; 59A: 174–8.
12. Paley D, Herzenberg J. Growth plate considerations. In Paley D, *principles of deformity correction*. Heidelberg: Springer-Verlag; 2002. p. 695–716.
13. Paley D, Bhavre A, Herzenberg JE, et al. Multiplier method for predicting limb-length discrepancy. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 2000; 82A: 1432–46.
14. Westh RN, Menelaus MB. A simple calculation for the timing of epiphysial arrest. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 1981; 63-B: 117–9.
15. Subotnick SI. Limb length discrepancies of the lower extremity (The short leg syndrome). *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 1981; 3: 11–5.
16. D'Aubigne RM, Dubousset J. Surgical correction of limb length discrepancies in the lower extremity of children and adults. an analysis of twenty consecutive cases. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1971; 53A: 411–30.
17. White SC, Louise A, Wilk BE. Asymmetric limb loading with true or simulated leg-length differences. *Clinical Orthopaedics and related research* 2002; 421: 287–92.
18. Timperlake RW, Bowen RJ, Guille JT, et al. Prospective evaluation of fifty-three consecutive percutaneous epiphysiodeses of the distal femur and proximal tibia and fibula. *Journal of Pediatrics Orthopaedics* 1991; 11: 350–7.
19. Potar S, Peyser A, Robin G. Equalisation of lower limbs by epiphysiodesis: Results of treatment. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2002; 11: 442–8.
20. Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait and Posture* 2002; 15: 195–206.
21. Aguilar JA, Paley D, Paley J, et al. Clinical validation of the multiplier method for predicting limb length discrepancy and outcome of epiphysiodesis, Part II. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2005; 25: 192–6.
22. Aguilar JA, Paley D, Paley J, et al. Clinical validation of the multiplier method for predicting limb length at maturity, Part I. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2005; 25: 186–91.
23. Craviari T, Berard L, Willemen R, et al. Percutaneous epiphysiodesis: a study in 60 skeletal mature patients *Revue de chirurgie orthopedique* 1998; 84: 172–9.
24. Marolt - Gomišček R, Radšel - Medvešček A. Infekcijske bolezni. Medicinska fakulteta v Ljubljani, 2002; 428–32.
25. Moseley CF. Is it safe to use chronological age in leg length discrepancy? *J Pediatr Orthop* 2005; 3: 408–9.
26. Blair VP, Walker SJ, Sheridan JJ, et al. Epiphysiodesis: A problem of timing. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 1982; 2: 281–4.
27. J. Accuracy of leg length prediction in children younger than 10 years of age. *Clin Orthop* 1997; 338: 9–13.