

Metoda Phemistera w leczeniu nierówności kończyn dolnych – krytyczna analiza wyników

Phemister Epiphysiodesis in Leg Length Inequality Treatment – Evaluative Outcome analysis

Paweł Koczewski^(A,B,C,D,E,F,G), Anna Fryzowicz^(B,C,D,E,F)

Klinika Ortopedii Dziecięcej i Traumatologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego, Poznań
Department of Pediatric Orthopedics and Traumatology, Karol Marcinkowski University of Medical Sciences of Poznan

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem badań jest ocena skuteczności leczenia nierówności kończyn dolnych (nkd) blokowaniem chrząstek wzrostowych metodą Phemistera na tle aktualnie stosowanych metod epifizjodezy oraz określenie czynników mogących mieć wpływ na wynik końcowy.

Materiał i metody. Analizie poddano 19 dziewcząt i 16 chłopców ze średnią wieku kostnego 12,2 lat i średnią skrócenia funkcjonalnego kończyn dolnych (kkd) 3,8 cm w chwili operacji. Wszystkie dane chorych uzyskano na podstawie analizy dokumentacji w archiwum szpitala, wiek kostny został określony z zastosowaniem standardowych atlasów. Średni okres obserwacji wynosił 7 lat.

Wyniki. Wynik dobry (końcowa nkd <1,5 cm) uzyskano w 74,3% przypadków, zadowalający (końcowa nkd 1,6-2,0 cm) – 5.7% oraz zły (końcowa nkd >2 cm) – 20%. Średnia końcowa nkd wyniosła 1,7 cm w pomiarze klinicznym. Deformacja koślawą kolana (7°, 10° i 13°) była powikłaniem leczenia w trzech przypadkach.

Wnioski. 1. Epifizjodeza Phemistera w leczeniu nierówności kończyn dolnych pozwala na uzyskanie korekcji, jednak wiąże się z ryzykiem przekorygowania lub niedokorygowania oraz deformacji w płaszczyźnie czołowej w następstwie niedokonanego zamknięcia chrząstek wzrostowych. 2. Wymienione komplikacje są typowe dla wszystkich metod blokowania chrząstek wzrostowych.

Słowa kluczowe: nierówność kończyn dolnych, epifizjodeza, leczenie operacyjne, metoda Phemistera, efektywność leczenia

SUMMARY

Background. The aim of this study was to evaluate the efficacy of Phemister epiphysiodesis for leg length inequality (LLI) treatment in comparison with epiphysiodesis techniques currently in use and to determine factors that may influence outcomes.

Materials and methods. Nineteen girls and sixteen boys with a mean skeletal age of 12.2 years and a mean functional LLI of 3.8 cm at the time of surgery were enrolled. Data were retrieved from hospital records and bone ages were determined using standard atlases. Mean follow-up duration was 7 years.

Results. Good results (final LLI <1.5 cm) were obtained in 74.3% of patients, fair results (final LLI 1.6-2.0 cm.) were seen in 5.7% and poor results (final LLI > 2 cm) were seen in 20%. A mean clinical LLI of 1.7 cm was the treatment outcome for the entire group. Valgus deformity of 7°, 10° and 13° occurred in three patients.

Conclusions. 1. Phemister epiphysiodesis performed for LLI produced the desired correction but was associated with a risk of over- or undercorrection and frontal plane deformity due to inadequate physal closure. 2. These complications are typical for any kind of epiphysiodesis.

Key words: leg length inequality; epiphysiodesis; surgical treatment; Phemister technique; treatment efficacy

WSTĘP

Jedną z metod leczenia nierówności kończyn dolnych (nkd) jest skrócenie dłuższej kończyny poprzez zablokowanie chrząstek wzrostowych kości udowej i/lub piszczelowej. Opisana w 1933 r. metoda Phemistera polega na nieodwracalnym zniszczeniu chrząstki wzrostowej na drodze jej wyłyżeczkowania poprzez wycięte okienko w obu kłykciach kości na granicy nasady i przynasady [1]. W zależności od wielkości i lokalizacji nierówności oraz oczekiwanego efektu relatywnego skrócenia kończyny należy określić odpowiedni wiek i poziom epifizjodezy. Ze względu na trudności w precyzyjnym określeniu tych parametrów, a co za tym idzie przewidywanego efektu leczenia metoda Phemistera coraz częściej zastępowana jest technikami odwracalnego blokowania chrząstek. Natomiast z uwagi na rozległość koniecznego dościa operacyjnego została wyparta przez podskórną technikę Bowena polegającą na zniszczeniu chrząstki wzrostowej wiertłem kostnym pod kontrolą rentgenotelewizji [2].

Prezentowane badania zostały podjęte w celu określenia efektywności metody Phemistera na tle aktualnie stosowanych metod epifizjodezy oraz w celu określenia czynników mogących wpłynąć na wynik końcowy.

MATERIAŁ I METODY

Poddano analizie 35 chorych (19 dziewcząt, 16 chłopców) spośród chorych leczonych metodą Phemistera w latach 1980-2007. Kryterium włączenia chorych do analizy były: 1. Dostępność odpowiednich radiogramów oceniających przedoperacyjną nkd; 2. Ocena wieku kostnego na podstawie radiogramów nadgarstka i ręki ocenianych w oparciu o atlasy Kopczyńskiej-Sikorskiej i Gruelich-Pyle'a [3, 4]; 3. Wiarogodna ocena kliniczna przedoperacyjna i końcowa nkd; 4. Brak innych interwencji chirurgicznych mogących wpłynąć na wynik leczenia w obrębie kończyn dolnych. Jako kryterium wykluczenia z analizy przyjęto: 1. Niekompletność dokumentacji; 2. Przebycie innych operacji mogących wpłynąć na długość kończyn. Dane przedoperacyjne u wszystkich pacjentów uzyskano z dokumentacji klinicznej szpitala. U 20 chorych wynik leczenia oceniono na podstawie dostępnych w dokumentacji badań klinicznych i radiologicznych po zakończeniu wzrostu, a kolejnych 15 chorych oceniono w badaniu końcowym na wezwanie. Wyznaczenia momentu operacji dokonywano posługując się tabelami Greena-Andersona na podstawie określonej tuż przed operacją nierówności kończyn dolnych oraz wieku kostnego [5]. Celem leczenia dla 31 chorych było wyrównanie długości kończyn, podczas gdy dla pozostałych 4 chorych – tylko zmniej-

BACKGROUND

Leg length inequality (LLI) can be treated by shortening the longer lower limb, which is achieved by ablating femoral and/or tibial growth plates. The Phemister method, described in 1933, is based on permanent destruction of growth plates which are chiseled out through excised windows on both condyles between the epiphysis and metaphysis [1]. The timing and site of epiphysiodesis should depend on the degree and location of the inequality and the expected effect of relative shortening of the limb. As these parameters are difficult to determine precisely, and so the effects of treatment are not predictable, the Phemister method is being increasingly often replaced with reversible techniques. What is more, due to the extensive necessary surgical access required for the Phemister technique, it has been superseded by Bowen's percutaneous method, which is based on destroying growth plates with a drill under fluoroscopic guidance [2].

The aim of the present study was to assess the treatment efficacy of the Phemister method for LLI in comparison with methods of epiphysiodesis currently in use and to determine factors that may influence the outcome of the procedure.

MATERIALS AND METHODS

Thirty-five patients, including 19 girls and 16 boys, were selected from among patients treated by Phemister epiphysiodesis between 1980 and 2007. All selected patients met the inclusion criteria of: 1. Satisfactory radiographic measurement of LLI pre-operatively; 2. Bone age determination by hand/wrist radiographs using the Kopczynska-Sikorska atlas and the Gruelich-Pyle atlas, the former of which was published in 1969 and was based on a study of Polish children only [3,4]; 3. Reliable clinical limb length measurements pre-operatively and at final follow-up; 4. The absence of other surgical procedures on the lower extremities which could influence the outcome. The following were exclusion criteria: 1. Incomplete documentation; 2. Any additional surgery that could influence limb length. All preoperative data for all cases were retrieved from their hospital records. Fifteen of the 35 patients were recently assessed clinically and radiographically at their final follow-up visit. For the remaining 20 patients, outcomes were assessed on the basis of available clinical and radiographic data obtained following cessation of bone growth. Timing of the epiphysiodesis was determined using the Green-Anderson tables and based on a single LLI assessment and skeletal age determination just prior to surgery [5]. For 31 patients, the

Tab. 1. Czynniki etiologiczne nkd

Tab. 1. The etiologic factors of LLI

Hipoplazja kd / Hypoplasia of the lower limb	9
Idiopatyczna nkd / Idiopathic LLI	4
Rozwojowa dysplazja stawu biodrowego / DDH	6
Zapalenie kości / Osteomyelitis	4
Stopa końsko-szpota / Club foot	3
Choroba Perthesa / Perthes disease	2
Młodzieńcze zruszenie głowy kości udowej / Slipped capital femoral epiphysis	1
Pourazowa nkd / Posttraumatic	1
Poliomyelitis / Poliomyelitis	1
Choroba Recklinghausena / Recklinghausen disease	1
Torbiel samotna szyjki kości udowej / Solitary bone cyst	1
Chondroblastoma kości udowej / Femur chondroblastoma	1
Sklerodermia / Scleroderma	1

szenie znacznej nierówności kończyn. Przyczyny nierówności kończyn u wszystkich chorych przedstawiono w Tabeli 1.

U 16 chorych wykonano epifizjodezę chrząstki wzrostowej dalszej uda, u 6 chorych – bliższej części piszczeli, a u 13 chorych – na obu poziomach.

Końcowa ocena wyniku leczenia opierała się na badaniu klinicznym nierówności kkd. Dodatkowo, u 22 chorych nkd oceniono również radiologicznie. Klasyfikację wyniku końcowego przeprowadzono na podstawie kryteriów Kemnitza i Campensa [6,7]. Stopień 1, wynik dobry, oznacza końcową nkd +/- 1,5 cm w stosunku do wartości przewidywanej; Stopień 2, wynik zadowalający, oznacza końcową nkd pomiędzy 1,6 a 2,0 cm w stosunku do przewidywanej; Stopień 3, wynik zły, oznacza końcową nkd >2,0 cm w stosunku do przewidywanej i/lub niedokonaną epifizjodezę.

WYNIKI

Średnia wieku chronologicznego w chwili operacji wyniosła 12,6 lat (od 9,4 do 14,11); odpowiednio: u dziewcząt 12 lat (9,10-13,9) i u chłopców 13,1 (9,4-14,11). Średnia wieku kostnego w chwili operacji wyniosła 12,2 lata (od 9 do 14,6); odpowiednio: u dziewcząt 11,6 (9-13) i chłopców – 12,11 (10-14,6). Średnia klinicznej nkd wyniosła 3,8cm (2,0-9,0) a radiologicznej nkd – 3,8 cm (1,4-9,0). U dwóch chorych niewielka nkd w ocenie radiologicznej (1,4 i 1,6 cm) wiązała się z nieco większą nkd w ocenie klinicznej (2,0 cm) uzasadniającą leczenie. Średnia okresu obserwacji wyniosła 7 lat (od 1,9 do 19,6). U wszystkich

goal of treatment was limb length equalization. For 4 patients the goal was to reduce a large limb length discrepancy. The aetiologies of the LLI are presented in Table 1.

The Pnemister epiphysiodesis was done at the distal femur in 16 patients, proximal tibia in 6 patients and at both sites in 13 patients.

Final results of treatment were determined by clinical assessment of LLI. Additionally, 22 patients were also assessed radiographically. Results were graded according to the criteria of Kemnitz and Campens [6,7]. A grade 1 (good) was a final LLI of ≤ 1.5 cm from the predicted value; a grade 2 (fair) was a final LLI between 1.6 and 2.0 cm from the predicted result; and a grade 3 (poor) was a final LLI > 2.0 cm from the expected outcome and/or failure of the epiphysiodesis.

RESULTS

The mean chronologic age at the time of surgery was 12.6 years (9.4-14.11), with an average of 12 years (9.10-13.9) for girls and 13.1 years (9.4-14.11) for boys. The mean skeletal age at surgery was 12.2 years (9-14.6) with an average of 11.6 for girls (9-13) and 12.11 for boys (10.0-14.6). Mean clinical LLI was 3.8 cm (2.0-9.0) and mean radiographic LLI was 3.8 cm (1.4-9.0). Two patients had small (1.4 and 1.6 cm) LLI by radiographs but had clinical and functional LLI of 2.0 cm each. Mean follow-up duration was 7 years (1.9-19.6) and all patients were followed to skeletal maturity or longer.

chorych obserwacja była prowadzona co najmniej do osiągnięcia dojrzałości kostnej.

Na podstawie przedstawionych powyżej kryteriów uzyskano następujące wyniki: dobry u 26 chorych (74,3%), zadowolający u 2 (5,7%) i zły u 7 (20%). Niewielka hiperkorekcja, która pojawiła się u 5 chorych (14,3%), nie wykluczała wyniku dobrego, tzn.

Based on the above rating systems, a good result was achieved in 26 patients (74.3%), a fair result in 2 patients (5.7%) and a poor result in 7 patients (20%). The slight overcorrection that occurred in 5 patients (14.3%) did not preclude a good result, i.e. ≤ 1.5 cm LLI. Treatment results are presented in Table 2.

Tab. 2. Dane i wyniki całej grupy badanej

Tab. 2. Data and results of the whole group

Płeć / Gender*	Poziom blokady / Ablation site*	Wiek przedoperacyjny / Preoperative age		w.m.- w.k. / m.a.- b.a.	NKD / LLI [cm]		Korekcja rzeczywista / Actual correction [cm]	Korekcja przewidywana / Predicted correction [cm]	Końcowy wynik / Final result
		W. m. / M. a.*	W. k. / B. a.*		Przedoperac yjna / Pre- operative	Końcowa / Final			
F	FT	12 ^{2**}	10 ⁶	1 ⁸	4.7	-1.2	5.9	6.9	D / G
F	FT	12 ⁶	11 ⁶	1	5.0	3.5	1.5	4.7	ZŁ / P
F	FT	10 ⁷	10 ⁶	0 ¹	7.0	0.0	7.0	6.9	D / G
F	FT	11 ⁶	10 ⁶	1	3.8	1.0	2.8	6.9	D / G
M	FT	13 ¹¹	14	-0 ¹	4.0	1.4	2.6	3.1	D / G
F	FT	13 ⁷	12	1 ⁷	3.0	1.0	2.0	3.6	D / G
F	FT	11 ⁴	11	0 ⁴	5.0	2.5	2.5	5.8	ZŁ / P
M	FT	12 ⁸	14	-1 ⁴	3.5	0.0	3.5	3.1	D / G
M	FT	12 ⁹	12 ⁶	0 ³	5.5	5.5	0.0	6.7	ZŁ / P
M	FT	13 ⁹	14	-0 ³	3.6	2.0	1.6	3.1	Z / F
F	FT	10 ²	10 ⁶	-0 ⁴	4.5	1.5	3.0	4.4	D / G
F	FT	12 ¹	12 ⁶	-0 ⁵	2.0	-1.5	3.5	2.6	D / G
F	FT	11 ³	11	0 ³	9.0	3.5	5.5	5.8	D / G
ŚREDNIA - oba poziomy blokowane / MEAN - both sites		12²	11¹¹	0⁸	4.7	1.9	3.2	4.9	
F	F	10 ⁷	11 ⁶	-0 ¹¹	5.0	1.5	3.5	2.9	D / G
F	F	13 ⁷	12 ⁶	1 ¹	2.5	1.0	1.5	1.6	D / G
M	F	14 ³	14 ⁶	-0 ³	2.0	1.0	1.0	1.3	D / G
F	F	13 ³	13	0 ³	2.5	1.0	1.5	0.9	D / G
F	F	12 ¹	11 ⁶	0 ⁷	2.5	1.5	1.0	2.9	D / G
F	F	9 ¹⁰	9	0 ¹⁰	5.5	1.5	4.0	6.1	D / G
F	F	12 ⁸	12 ⁶	0 ²	3.0	1.5	1.5	1.6	D / G
M	F	13 ⁴	12 ⁶	0 ¹⁰	3.5	1.8	1.7	4.1	Z / F
M	F	13 ³	12	1 ³	3.5	-1.0	4.5	4.7	D / G
M	F	12 ⁹	13	-0 ³	3.2	-0.5	3.7	3.4	D / G
M	F	14	14 ⁶	-0 ⁶	2.0	0.0	2.0	1.3	D / G
F	F	12 ⁴	12	0 ⁴	2.0	1.0	1.0	2.2	D / G
F	F	12 ¹¹	12	0 ¹¹	3.0	0.7	2.3	2.2	D / G
M	F	13 ¹⁰	13 ⁶	0 ⁴	2.5	-0.5	3.0	2.6	D / G
F	F	13 ⁹	12 ⁶	1 ³	2.0	0.0	2.0	1.6	D / G
M	F	12 ⁶	12	0 ⁶	3.0	5.0	-2.0	4.7	ZŁ / P

Tab. 2. Dane i wyniki całej grupy badanej (cd)

Tab. 2. Data and results of the whole group (cont.)

ŚREDNIA - blokowane udo / MEAN – femoral ablation		12 ¹⁰	12 ⁵	0 ⁸	3.0	1.2	2.0	2.8	
M	T	13 ⁴	13 ⁶	-0 ²	4.5	5.0	-0.5	1.8	ZŁ / P
M	T	11 ⁵	11	0 ⁵	3.5	0.5	3.0	3.9	D / G
M	T	14 ¹¹	12 ⁶	2 ⁵	2.8	2.6	0.2	2.7	ZŁ / P
M	T	9 ⁴	10	-0 ⁸	4.5	0.5	4.0	4.7	D / G
M	T	13 ⁷	13	0 ⁷	2.5	0.7	1.8	2.2	D / G
F	T	11 ⁸	12	-0 ⁴	6.0	6.5	-0.5	1.4	ZŁ / P
ŚREDNIA - blokowana piszczel / MEAN – tibial ablation		12 ⁵	12	0 ⁹	3.9	2.6	1.3	2.8	
ŚREDNIA / MEAN		12 ⁶	12 ²	0 ⁸	3.8	1.7	2.3	3.6	
MIN		9 ⁴	9	0 ¹	2.0	0.0	-2.0	0.9	
MAX		14 ¹¹	14 ⁶	2 ⁵	9.0	6.5	7.0	6.9	

* Płeć: F – żeńska, M – męska; Poziom blokady: F – dalsza nasada uda, T – bliższa nasada piszczeli; w.m. – wiek metrykalny; w.k. – wiek kostny; Wynik końcowy: D – dobry; Z – zadowolający; ZŁ – zły

**Wiek kostny wg atlasu Kopczyńskiej-Sikorskiej, [lata^{miesiące}]

* Gender: F – female, M – male; Site: F – distal femoral physis, T – proximal tibial physis; m.a. – metrical age; b.a. – bone age; Final result: G – good; F – fair; B – bad

**Bone age according to Kopczyńska-Sikorska's atlas, [years^{months}]

osiągnięcia nkd mniejszej niż 1,5 cm w wyniku końcowym. Wszystkie wyniki są przedstawione w Tabeli 2.

Porównując dwa systemy oceny wieku kostnego oceniono, że atlas Greulich-Pyle jest bardziej dokładny niż atlas Kopczyńskiej-Sikorskiej, według którego oznaczony wiek kostny bywał заниzony (Tabela 3).

Niepowodzenie w uzyskaniu epifizjodezy odnotowano u 5 chorych (14,3%). U 3 spośród nich doszło do powiększenia nkd (o 0,5, 0,5 i 2,0 cm), a u kolejnych dwóch nkd nie uległa żadnej zmianie. Zadowolające i złe wyniki były związane z niecałkowitą lub niedokonaną epifizjodezą odpowiednio u 5 i 4 chorych.

U jednego chorego, stosując tabele Green-Anderson oraz atlas Kopczyńskiej-Sikorskiej, wyznaczony wiek wykonania operacji okazał się zbyt zaawansowany, aby uzyskać pełną korekcję, chociaż pomimo tego wynik końcowy oceniono jako dobry. U trzech chorych operacja została wykonana zbyt wcześnie skutkując niewielką hiperkorekcją, ale wynik również oceniono jako dobry. U opisanych wyżej czterech chorych wiek operacji był określony na podstawie średniej wieku kostnego i chronologicznego z powodu innych okoliczności. Koślawe zagięcie osi kolana odnotowano u 3 chorych (8,6%): 13° koślawości piszczeli oraz 7° i 10° koślawości uda. We wszystkich tych przypadkach wynik w aspekcie wyrównania długości kończyn dolnych oceniono jako dobry.

A comparison of the radiologic systems for determining skeletal maturity indicated that the Greulich-Pyle atlas was more accurate with more advanced bone ages in contrast to the Kopczyńska-Sikorska values, which tended to represent lower bone ages by comparison (Table 3).

Failure of epiphyseal closure occurred in 5 patients (14.3%), three of whom demonstrated an increase in LLI in clinical and radiographic measurement of 0.5, 0.5 and 2.0 cm compared to preoperative values, while in the remaining two LLI was the same as preoperatively. Fair and poor results were related to failed or insufficient epiphysiodesis (in 5 and 4 cases, respectively).

In one patient, the timing of the epiphysiodesis determined using the Green-Anderson table and Kopczyńska-Sikorska atlas was too late to obtain full correction. However, the result was rated as good. In three patients, surgery was performed too early and resulted in a good outcome in each case but with slight overcorrection. In these four cases, the timing of epiphysiodesis was based on the average of metrical and bone age due to other indications. A valgus deformity occurred in three patients (8.6%): 13° valgus tibial deformity following proximal tibial epiphysiodesis, 7° and 10° valgus femoral deformity after distal femoral epiphysiodesis. In all these patients, the outcome in relation to LLI correction was rated as good.

Tab. 3. Porównanie wyników w zależności od wieku kostnego ocenionego według obu atlasów

Tab. 3. Comparison of results according to bone age estimation done with both atlases

	Atlas Koczyńskiej-Sikorskiej / Koczyńska-Sikorska's Atlas	Atlas Greulich-Pyle / Greulich-Pyle's Atlas
Wiek przedoperacyjny metrykalny / Preoperative metrical age		12^{6*} (9 ⁴ – 14 ¹¹)
Wiek przedoperacyjny kostny / Preoperative bone age	12² (9 – 14 ⁶)	12⁴ (10 – 15)
Wiek metrykalny - wiek kostny / Metrical age - bone age	0⁸ (0 ¹ – 2 ⁵)	0⁷ (0 – 1 ¹¹)
Przedoperacyjna NKD / Preoperative LLI [cm]		3.8 (2.0 – 9.0)
Końcowa NKD / Final LLI [cm]		1.7 (0.0 – 6.5)
Korekcja rzeczywista / Actual correction [cm]		2.3 (-2.0 – 7.0)
Korekcja przewidywana / Predicted correction [cm]	3.6 (0.9 – 6.9)	3.3 (0.6 – 6.7)
Korekcja: przewidywana - rzeczywista / Correction: predicted - actual [cm]	1.3 (-0.9 – 6.7)	1.0 (-1.3 – 6.2)

* [years^{months}]

DYSKUSJA

Istnieje kilka systemów klasyfikacji wyników leczenia nkd metodą epifizjodezy. Jako wynik dobry zazwyczaj uznaje się uzyskanie końcowej nkd $\leq 1,5$ cm. Campens i wsp. porównując wyniki leczenia metodą Phemistera, metodą podskórną oraz Metaizeau ocenili wyniki dobre odpowiednio u 74%, 89% i 70% [7]. Kemnitz i wsp. oceniając metodę podskórnej epifizjodezy odnotowali 68,5% wyników dobrych [6]. Stosując te same kryteria w analizowanej przez nas grupie chorych wyniki dobre oceniliśmy u 74,3%. Craviari i wsp. uznając hiperkorekcję ≤ 1 cm jako wynik dobry obserwowali ją u 26% swoich chorych. Hiperkorekcje prowadzące do > 1 cm przeciwstronnej nierówności kończyn dolnych obserwowali oni u 3,4% swoich chorych, klasyfikując wynik jako zły [8]. W naszym materiale hiperkorekcja występowała u 14,3% chorych, jednak u wszystkich z nich cel leczenia został osiągnięty (końcowa nkd nie przekraczała 1,5 cm). Część autorów proponuje przeciwstronne blokowanie chrząstek wzrostowych w chwili uzyskania wyrównania kończyn w celu zapobiegania hiperkorekcji, jednak nie ma danych uzasadniających takie postępowanie jako ogólną zasadę [6,8,9].

W analizowanym przez nas materiale średnia różnica pomiędzy rzeczywistą i przewidywaną metodą Greena-Andersona korekcją wyniosła 1,3 cm

DISCUSSION

Several systems for grading results of epiphysiodesis have been presented. A good result is usually defined as a final LLI of ≤ 1.5 cm. Campens et al compared results of the Phemister, percutaneous and Metaizeau techniques and found good results in 74%, 89% and 70% of the patients, respectively [7]. Kemnitz et al reported a rate of 68.5% good results with a percutaneous method [6]. In our series, using their criteria, we had 74.3 % good results. Craviari et al considered ≤ 1 cm overcorrection a good result and reported that in 26% of their cases but greater overcorrection was classified as a poor result, which occurred in 3.4% of the series [8]. Overcorrection was seen in 14.3% of our patients but the goal of treatment, i.e., LLI ≤ 1.5 cm, was achieved in each case. Some authors recommend contralateral physeal closure at the time of limb length equality in order to avoid overcorrection [6,8,9]. However, no data have been presented to justify this method as a general approach.

The mean difference between the actual correction and that predicted by the Green-Anderson method in our series was 1.3 cm when using the Koczyńska-Sikorska values and 1.0 cm using the Greulich-Pyle system. In Little's series, this difference was 0.7 cm [10]. This discrepancy between results may have been due to insufficient epiphysiodesis

przy zastosowaniu atlasu Kopczyńskiej-Sikorskiej i 1,0 cm przy zastosowaniu norm Greulich-Pyle. W materiale analizowanym przez Little różnica ta wyniosła 0,7 cm [10]. Taka rozbieżność z naszymi wynikami może być spowodowana przypadkami niekompletnej epifizjodezy i/lub nieprawidłowym określeniem wieku kostnego, co mogło doprowadzić do niedokorygowania. Poprawy wyników można by spodziewać się przy zastosowaniu graficznej metody Moseley'a z oznaczeniem wieku kostnego wg Greulich-Pyle'a zamiast innych metod oceny wieku kostnego połączonych z metodą Green-Anderson [11]. Kemnitz i wsp. w swoim materiale odnotowali zadowalające i złe wyniki (końcowa nkd >1,5 cm) jako skutek błędu w określeniu wieku operacji z zastosowaniem metody Moseley'a u 15,8%, błędnej oceny wieku kostnego u 12% oraz asymetrycznego zablokowania chrząstki u 3,5% [6]. W naszym materiale zadowalające i złe wyniki były rezultatem niekompletnej lub niedokonanej epifizjodezy odpowiednio w 11,4% i 14,3% przypadków. W materiale Campensa i wsp. niezgodny z przewidywanym efekt korekcji obserwowany u 3 chorych (9%) był spowodowany niekompletnością epifizjodezy [7]. Niedokonana epifizjodeza wystąpiła u 5 naszych chorych (14,3%), podczas gdy w materiale Campensa i wsp. odsetek ten wyniósł dla metody Phemistera 3%, oraz 2% i 6% dla metod podskórnych. Deformacje osi w płaszczyźnie czołowej (koślawość) pojawiły się w naszym materiale u 3 chorych (8,6%) jako powikłanie proksymalnej epifizjodezy piszczeli (1) i dystalnej uda (2). Według piśmiennictwa podobne deformacje obserwowane były z częstością od 1% do 8% [6-8,12,13].

W celu uniknięcia przekorygowania lub niedokorygowania Ramseier proponuje kalkulację pozostałego wzrostu zarówno przed epifizjodezą, jak i w obserwacjach pooperacyjnych [9]. Podobnie Craviari uważa regularne, okresowe kontrole pooperacyjne jako konieczne dla monitorowania wzrastania w celu osiągnięcia precyzji korekcji [8]. Obaj powyżej wymienieni autorzy analizowali metody podskórne epifizjodezy, jednak potrzeba dokładnej obserwacji klinicznej i radiologicznej jest zasadniczo ważna dla wszystkich metod blokowania chrząstek.

Metoda Phemistera została pierwotnie wprowadzona dla leczenia nkd w następstwie przebytego polio lub pozapalnego skrócenia kości. Z powodu wielkości dostępu operacyjnego oraz trudności w określeniu odpowiedniego wieku blokowania chrząstek, a co za tym idzie dokładności korekcji, metoda ta została wyparta przez znacznie mniej inwazyjną technikę podskórną z zastosowaniem wiertła pod kontrolą rentgenotelewizji, bądź czasowe blokowanie chrząstek różnego rodzaju implantami [14-19]. Metody

and/or incorrect bone age estimation that could lead to undercorrection if the predicted skeletal age was more advanced than it actually was. Improved results in our series might have been obtained if the Moseley graph method along with the Greulich-Pyle data had been used instead of the other methods of skeletal age determination used with the Green-Anderson values [11]. Kemnitz and colleagues noted poor and fair results (final LLI >1.5 cm) secondary to imprecise timing using the Moseley graph in 15.8%, faulty assessment of skeletal age in 12% and asymmetrical physal closure in 3.5% of their patients [6]. In our series, poor and fair results were due to insufficient or failed epiphysiodesis in 11.4% and 14.3% of the patients, respectively. In the review by Campens et al., 3 cases (9%) treated by the Phemister method demonstrated a discrepancy between the final actual correction and the predicted one, and these authors felt that inadequate physal closure caused this inequality [7]. Five patients in our series (14.3%) had failure of the epiphysiodesis in contrast to the 3% reported by Campens using the Phemister method and the 2%-6% failure rate using percutaneous methods. Coronal plane valgus deformity occurred in three cases (8.6%): following proximal tibial epiphysiodesis in one patient and distal femoral epiphysiodesis in two patients in our study. In other series, coronal plane deformity was seen in 1% to 8% of cases [6-8,12,13].

Ramseier suggested calculation of the exact residual height both prior to epiphysiodesis and during post-op monitoring to obtain a satisfactory result and avoid over- or undercorrection [9]. Craviari also found regularly scheduled follow-up evaluations necessary to monitor growth to avoid over- or undercorrections [8]. Both of these series report results of percutaneous methods of epiphysiodesis but the need for careful clinical and radiographic follow-up is essential for all these growth-modifying procedures.

The Phemister method was originally introduced to treat LLI secondary to polio and sepsis. Because of the extensive surgical access required and difficulty determining the right time for growth plate ablation, leading to imprecise correction, this method has been replaced by percutaneous methods or temporary tethering of the physis using extra-physal metal implants although the final results of all of these are comparable and connected with similar complications [14-19]. Temporary methods allow for less precise timing of the epiphysiodesis due to their reversibility after obtaining the treatment goal. Although new methods have several advantages they also have their limitations.

czasowe niwelują konieczność bardzo precyzyjnego określenia momentu operacji, ponieważ po uzyskaniu odpowiedniej korekcji istnieje możliwość usunięcia blokującego chrząstkę implantu i przywrócenie możliwości dalszego przyrostu kości na długość. Pomimo niewątpliwych zalet nowych metod również i one nie są wolne od powikłań.

WNIOSKI

1. Na podstawie retrospektywnej analizy można stwierdzić, że epifizjodeza metodą Pnemistera jest efektywną metodą leczenia niektórych przypadków nierówności kończyn dolnych jednak wiąże się z ryzykiem przekorygowania lub niedokorygowania z powodu nieprawidłowej oceny wieku kostnego, złego wyboru wieku operacji oraz niekompletnej epifizjodezy na skutek problemów technicznych.
2. Z metodami wpływającymi na aktywność chrząstek wzrostowych sporadycznie mogą być związane deformacje osiowe w płaszczyźnie czołowej.
3. Mimo iż aktualnie stosowane techniki blokowania chrząstek wzrostowych pozwoliły na zmniejszenie dojścia operacyjnego oraz możliwość wykonania jedynie czasowej epifizjodezy, nie są one wolne od komplikacji.
4. W celu zapobiegania powstaniu opisanych wyżej zaburzeń wzrostu, przy stosowaniu każdej metody blokowania chrząstek wzrostowych konieczna jest staranna obserwacja do ukończenia wzrastania.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Pnemister DB. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J Bone Joint Surg Am* 1933;15:1-15.
2. Bowen JR, Johnson WJ. Percutaneous epiphysiodesis. *Clin Orthop Relat Res* 1984;190:170-3.
3. Koczyńska-Sikorska J. Atlas radiologiczny rozwoju kośćca dłoni i nadgarstka. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich; 1969.
4. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford University Press; 1959.
5. Anderson M, Green WT, Messnes MB. Growth and prediction of growth in the lower extremities. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:1-14.
5. Kemnitz S, Moens P, Fabry G. Percutaneous epiphysiodesis for leg length discrepancy. *J Pediatr Orthop B* 2003;12:69-71.
6. Campens C, Mousny M, Docquier PL. Comparison of three surgical epiphysiodesis techniques for the treatment of lower limb length discrepancy. *Acta Orthop Belg* 2010;76: 226-33.
7. Craviari T, Berard J, Willemen L, Kohler R. Percutaneous epiphysiodesis: a study in 60 skeletally mature patients. *Revue de chirurgie orthopédique* 1998;84:172-9.
8. Ramseier LE, Sukthankar A, Exner GU. Minimal invasive epiphysiodesis using a modified "Canale" – technique for correction of angular deformities and leg length discrepancies. *J Child Orthop* 1998;3:33-7.
9. Little DG, Nigo L, Aiona MD. Deficiencies of current methods for the timing of epiphysiodesis. *J Pediatr Orthop* 1996;16:173-9.
10. Moseley CF. A straight-line graph for leg-length discrepancies. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59:174-9.
11. Surdam JW, Morris CD, DeWesse JD, Drvaric DM. Leg length inequality and epiphysiodesis: review of 96 cases. *J Pediatr Orthop* 2003;23:381-4.
12. Inan M, Chan G, Littleton AG, Kubiak P, Bowen JR. Efficacy and safety of percutaneous epiphysiodesis. *J Pediatr Orthop* 2008;28:648-51.
13. Gorman TM, Vanderwerff R, Pond M, MacWilliams B, Santora SD. Mechanical axis following staple epiphysiodesis for limb-length inequality. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:2430-9.

CONCLUSIONS

1. In our retrospective study, we found that epiphysiodesis is an effective method to manage some cases of LLI but it has risks of under- or over-correction associated with inaccurate estimation of skeletal age, imprecise timing of surgery and insufficient physal ablation due to technical reasons.
2. Uncommonly, coronal plane deformities may be associated with these ways of growth management.
3. Although current methods of epiphysiodesis allow for less expansive surgery technique and only temporal arrest, they are not complication-free.
4. Vigilance during growth is essential to avoid longitudinal and coronal deformities as consequences of any kind of epiphysiodesis method.

14. Benyi E, Berner M, Bjernekuł I, et al. Efficacy and safety of percutaneous epiphysiodesis operation around the knee to reduce adult height in extremely tall adolescent girls and boys. *Int J Pediatr Endocrinol* 2010; 2010:740629.
15. Ghanem I, Karam JA, Widmann RF. Surgical epiphysiodesis indications and techniques: update. *Curr Opin Pediatr* 2011; 23:53-9.
16. Ilharreborde B, Gaumetou E, Souchet P, et al. Efficacy and late complications of percutaneous epiphysiodesis with transphyseal screws. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:270-5.
17. Boero S, Michelis MB, Riganti S. Use of the eight-plate for angular correction of knee deformities due to idiopathic and pathologic physis: initiating treatment according to etiology. *J Child Orthop* 2011;5(3):209-16.
18. Mesa PA, Yamhure FH. Percutaneous hemi-epiphysiodesis using transphyseal cannulated screws for genu valgum in adolescents. *J Child Orthop* 2009;3(5):397-403.

Liczba słów/Word count: 3974	Tabele/Tables: 3	Ryciny/Figures: 0	Piśmiennictwo/References: 18
-------------------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------------------

Adres do korespondencji / Address for correspondence

*Dr n. med. Paweł Koczewski, Klinika Ortopedii Dziecięcej i Traumatologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Tel.+48618310173
61-545 Poznań, ul. 28 Czerwca 1956r. Nr 135/147, e-mail: koczewski@poczta.onet.pl*

*Otrzymano / Received 14.05.2013 r.
Zaakceptowano / Accepted 05.08.2013 r.*

This copy is for personal use only - distribution prohibited.