日小整会誌（J Jpn Ped Orthop Ass）27(2)：222–227, 2018.

脚長差に対する骨端線抑制術の治療成績 ステープルとエイトプレート

あいち小児保健医療総合センター
古橋弘基・金子浩史・岩田浩志
長田侃・服部義

要　旨　脚長補正に対する骨端線抑制術の成績を検討した．対象は当院で脚長不等に対して膝周囲に骨端線抑制術を行い，抜釘まで経過観察した33例（ステープル11例（S群），エイトプレート18例（E群））とした．術前平均脚長差はS群29.9 mm，E群19.6 mmであった．挿入期間の平均はS群3年2か月，E群2年2か月であった．抜釘時補正量の平均はS群19.9 mm，E群15.1 mmで，治療効果不十分例はS群3例，E群5例あった．インプラント脱転はS群では5例あり再手術を要したが，E群ではなかった．インプラント挿入中の内外反変形はS群4例，E群1例あった．抜釘後の内外反変形は，E群はなかったが，S群は4例あった．骨端線早期閉鎖により過短縮となった例はS群で4例あった．ステープルは手術効果が一定せず，脱転や変形のリスクが高かった．エイトプレートは短期の経過観察であるが，骨端線早期閉鎖による問題はなかった．

はじめに

小児の脚長不等は骨延長術または骨端線抑制術により治療される．その適応については，いまだ議論がある．骨端線抑制術は，骨延長術と比較し，低侵襲で簡便であり，軽度～中度の脚長差に対して用いられている．

Phemister[9]らがablationによる骨端線抑制術を報告し，その後，ステープル[1]やPercutaneus Epiphysiodesis using Transphyseal Screws（PETS）[8]などインプラントを用いた術式が報告されてきた．近年，エイトプレートの使用報告が増加傾向にある[11)12)]．

本研究の目的は，当院で脚長不等に対してステープルまたはエイトプレートを用いて骨端線抑制術を行った症例の治療成績について比較検討し，それぞれの特徴を検討することである．

対　象

対象は2007年から2015年に当院で脚長不等に対して膝周囲に骨端線抑制術を行い，抜釘まで経過観察を行った33例とし，後ろ向き研究を行った．男児10例，女児22例だった．2007～2011年にステープルを用い手術をした11例をS群とし，2012年以降にエイトプレートを用い手術した22例をE群とした．抜釘は補正が予定量に達した場合，骨成長が終了した場合，長期留置となりインプラントの破損が危惧される場合に行った．

症例の内訳は，S群は特発性脚長不等が8例，症候性脚長不等が3例（先天性脛骨弯曲症1例，内反足1例，先天性股関節脱臼治療後1例）だった．E群は特発性片側肥大症が17例，症候性脚長不等が5例（非対称性脳性麻痺2例，ペルテス病1例，先天性股関節脱臼治療後1例，多発性外

Key words：temporary epiphysiodesis（骨端線抑制術），limb length discrepancy（脚長差），eight plate（エイトプレート），staple（ステープル）
連絡先：〒431-3192　静岡県浜松市東区半田山1-20-1　浜松医科大学 整形外科学教室　古橋弘基　電話（053）435-2299
受付日：2017年12月31日

骨腫1例)だった.

エイトプレートの使用部位は，S群は大腿骨遠位内外側が11例だった．E群は大腿骨遠位内外側のみが18例あり，大腿骨遠位内外側と脛骨近位内外側を併用した症例が4例だった.

方　法

検討項目は各群の骨端線抑制術時年齢，インプラント挿入期間，術前・抜釘時・最終フォロー時の脚長差(Limb Length Discrepancy：以下，LLD)，LLD補正量，抜釘後フォロー期間，骨端線抑制術から抜釘までと抜釘から最終フォローまでの合併症(補正不十分，インプラント脱転，内外反変形，過短縮)について調査した.

LLDの計測方法は，大腿骨頭頂部から脛骨天蓋の中央までの直線距離を下肢長として計測し，手術側の下肢長が長い場合を正とし，左右差をLLDとした．補正量は術前との比較を変化量とした.

骨端線抑制術から抜釘までの合併症として，LLD補正量が術前LLDの2/3以下だった例を補正不十分とした．インプラントの脱転により再手術を要した症例を脱転ありとした．術前のFTAから内反または外反変化が5°以上あった例を内外反変形ありとした.

抜釘時～最終フォロー時の合併症として，抜釘時のFTAから内反または外反変化が5°以上あった例を内外反変形ありとした．抜釘時から10mm以上手術側が短縮した例を過短縮ありとした.

結　果

S群の手術時年齢は平均9.5歳(7.2～12.2)，E群は平均9.7歳(6～13.8)であった．S群の術前LLDは平均29.9mm(17.2～50.2)，E群は平均19.6mm(7.2～37.1)でS群の術前LLDが大きかったが有意差はなかった．挿入期間はS群が3.2年(1.8～4.8)，E群が2.2年(0.9～3)とS群の挿入期間が有意に長期であった．抜釘時のLLDはS群が平均10.0mm(－6～27)，E群が平均4.9mm(－5～17.5)であった．抜釘時までのLLD補正量はS群が平均19.9mm(6.4～34.5)，E群が平均15.1mm(0～28.9)だった(表1).

抜釘時までの補正量の推移を示す．S群に比べて，E群では補正の効果が出現するのに時間がかかる傾向にあり，術後半年の時点で補正効果が出ていない症例が散見された．LLD補正量が10mm以上得られた例を対象として，10mm以上のLLD補正が得られるまでの期間は，S群(6例)21か月に対して，E群(19例)は16か月であっ

表1. 各群の内訳

	S群 (N=11)	E群 (N=22)	p値
骨端線抑制術時年齢(y)	9.5 ± 1.8	9.7 ± 1.8	0.75
インプラント挿入期間(y)	3.2 ± 1.0	2.2 ± 0.6	<0.05
術前LLD (mm)	29.9 ± 9.3	19.6 ± 8.0	0.89
抜釘時LLD (mm)	10.0 ± 11.3	4.9 ± 7.1	0.12
補正量(mm)	19.9 ± 10.3	16.1 ± 8.1	0.28

Mann -Whitney U 検定
LLD, leg length discrepancy.

た．20 mm 以上得られた期間はS群(6例)36か月，E群(5例)25か月だった(図1)．

抜釘までの合併症として補正不十分だった例はS群で3例(27%)，E群で5例(23%)あった．インプラント脱転はS群で5例(45%)あったが，E群ではなかった．内外反変形があった例はS群で4例(36%)，E群では1例(5%)だった．

抜釘後の経過観察期間はS群平均27か月(6〜60)だったのに対して，E群は平均10か月(0〜24)と短かった．抜釘後の合併症として，内外反変形があった例はS群で4例(36%)あったが，E群ではなかった．過短縮を生じた例はS群で4例(36%)あったがE群ではなかった(表2)．

症例を図2に示す．

考　察

Phemister ら[9]が ablation による骨端線抑制術を初めて報告し，その後，骨端線の可逆性を得るためにインプラントを使用した方法が報告され，ステープル[1]，Percutaneus Epiphysiodesis using Transphyseal Screws(PETS)[8]，エイトプレート[11)12)]が報告されている．低侵襲・簡便・骨端線へのリスクの低さからエイトプレートの使用報告が増加傾向にある．

ステープルとエイトプレートによる骨端線抑制術の治療成績の比較について，過去にいくつかの

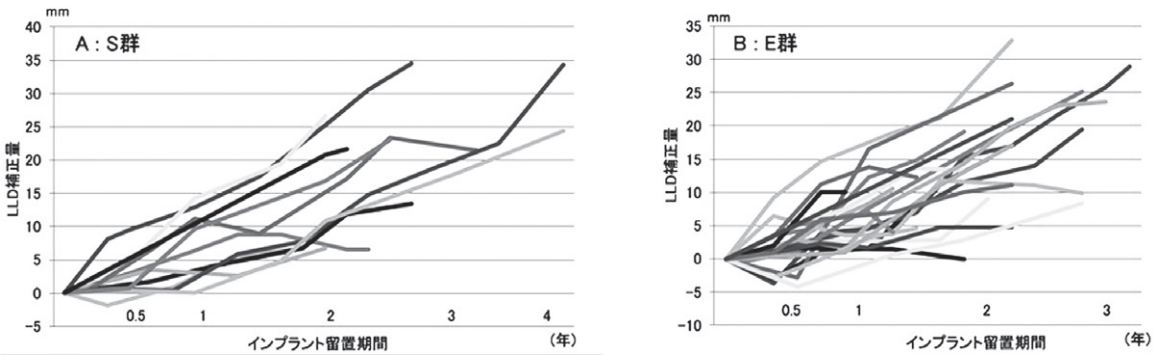

図1. 各群のインプラント留置期間と補正量(A：S群　B：E群)

表2. 各群における合併症の内訳

		S群 (n = 11)		E群 (n = 22)	
抜釘後フォロー期間（月）		27 (6-60)		10 (0-24)	
骨端線抑制術〜抜釘時	補正不十分（術前脚長差LLD<2/3）	27%	3例	23%	5例
	インプラント脱転	45%	5例	0%	0例
抜釘時〜最終フォロー時	内外反変形(＞5°)	36%	4例	5%	1例
		36%	4例	0%	0例
	過短縮(＞10mm)	36%	4例	0%	0例

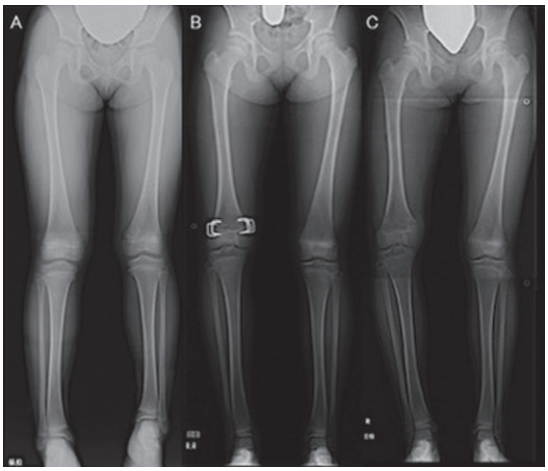

図 2. 手術時 7 歳の女児．右片側肥大症．
A：術前 LLD は 32.5 mm であり，ステープルによる骨端線抑制術を行った．
B：LLD は術後 4.5 年で−2 mm と補正され，抜釘した．
C：抜釘後半年でステープルと骨端線の干渉による非対称性の骨端線早期閉鎖のため−10 mm の過短縮と内反膝変形が生じた．

報告がある．Goyeneche ら[5]はウサギ 17 匹に対して下肢変形矯正を行い，エイトプレートはステープルより効果の発現が遅いと報告した．その後，変形矯正に対する治療成績の報告で Wiemann ら[14]はステープル 39 例とエイトプレート 24 例を，Gottliebsen ら[4]はステープルとエイトプレート各 10 例を比較し，同等の成績であったと報告した．

Lykissas ら[6]は脚長差に対する PETS 22 例，ステープル 8 例，エイトプレート 9 例の成績を比較し，有意な差はなかったことを報告しており，過去の研究で，エイトプレートはステープルと比べ治療成績は変わりがないとされている．

本研究で，E 群は S 群に比べ術後半年での補正効果はない症例が多かった．10 mm または 20 mm の補正効果が発現するまでに必要な期間は E 群の方が短い傾向にあり，手術時から成長終了までに十分な期間があれば，エイトプレートは補正効果を得ることが可能である．しかし，成長終了まで十分な期間がない症例には，効果発現が早い手術法の選択することが好ましいと思われる．

Stewart ら[13]はエイトプレート 11 例と ablation 16 例による手術成績の比較を行い，ablation の治療効果が良好であることを報告した．Makarov ら[7]は 863 例の脚長不等の症例に対して，インプラントを用いず骨端線抑制術を行い，合併症が生じた例は 60 例のみで，過短縮を生じた例は 6 例（0.7%）のみで，最も多い合併症は角状変形 28 例（3.3%）だったと報告した．Ablation やドリリングといった方法は，可逆性がなく抑制時期の判断が難しいという点ではインプラントを用いた方法に劣るが成長終了まで期間が短い症例については適応となる可能性がある．

術後合併症として，インプラント脱転と骨端線早期閉鎖にはインプラント間に差があった．インプラントの脱転は治療効果を得るために再手術を要するだけでなく，非対称性に生じると内外反変形を生じる．S 群ではインプラント脱転が 5/11 例（45%）にあったが，E 群では脱転はなく，インプラント留置中の内外反変形は S 群より E 群で少なかった．エイトプレートは骨の把持力が強く脱転に関する再手術や変形が少なかった．

一方，骨端線の早期閉鎖は対称性に生じれば過短縮を，非対称性に生じれば角状変形の原因となる．骨端線早期閉鎖について，Goff[3]はステープルによる骨端線抑制術前後 120 例の生検を行い，術後 44 か月未満であれば骨成長能の回復が見られるが，49 か月を過ぎると閉鎖が生じると報告した．Cho ら[2]はステープルによる角状変形の治療で 9 例中 1 例に術後 17 か月の抜釘例で早期閉鎖が生じたと報告した．Shin ら[10]は術後 18 か月の抜釘例で早期閉鎖が生じたと報告した．本研究では S 群で 11 例中 6 例に早期閉鎖があり，平均 38 か月（21〜53 か月）で生じていた．一方，エイトプレートでは経過観察期間は短いものの，早期閉鎖の所見はなかった．エイトプレートで骨端線早期閉鎖が生じにくい要因として，スクリュー角度が開くことにより，インプラントと骨端線の損傷が生じないことと骨端線への圧がかかりにくいことが挙げられる．骨端線抑制術では効果が発現する際に，骨端線に対してインプラントが近位へ

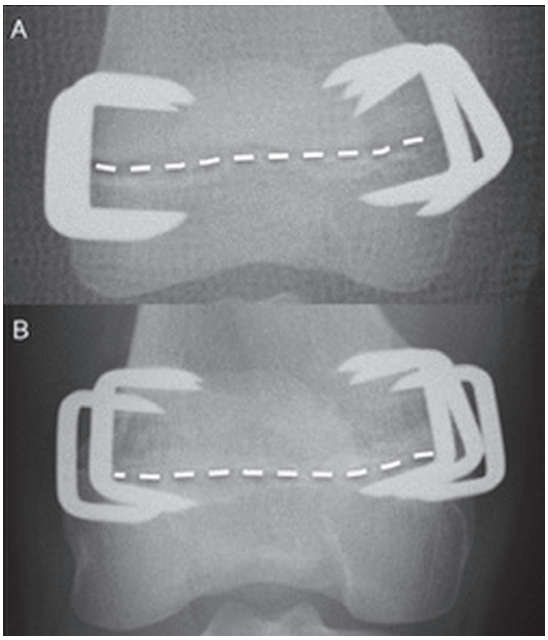

図 3. 術直後から抜釘時までにおける骨端線とインプラントの位置関係(A：術直後　B：抜釘時)．術直後と比べて抜釘時には，インプラントが骨端線に対して近位に移動する．

と移動する(図 3)．

このため，インプラントと骨端線が干渉し，損傷を生じることがある．エイトプレートではスクリューの角度が開くため，干渉が生じにくく損傷が生じにくかった．ステープルの症例の中には画像上で骨端線とインプラントの干渉がない例であっても早期閉鎖が生じることがあった．強固な固定は早期から補正効果を得る一方で，骨端線に過度の圧をかけ，早期閉鎖を生じてしまうと推測される．ステープルにおいて，留置期間や画像所見から骨端線早期閉鎖を防ぐことは困難である．脱転や早期閉鎖を考えると，ステープルの使用はリスクが高かった．

骨端線抑制術の効果を得るには，骨端線閉鎖まで十分な期間が必要であり，特にエイトプレートではその期間が長期となる．若年者に対する骨端線抑制術では，骨端線の早期閉鎖を生じさせないことが好ましい．エイトプレートは現時点では骨端線へのリスクが低い方法であると思われるが，本研究では低年齢の症例が少なく，経過観察期間が短いことから引き続き長期の経過観察と症例数の蓄積が必要である．また，本研究では対象疾患がさまざまであり疾患ごとの研究が今後必要となると思われる．

結　語

ステープルとエイトプレートによる脚長補正に対する骨端線抑制術の治療成績について比較検討した．エイトプレートは治療効果の発現が遅かった．合併症がステープルに多く，エイトプレートは少なかった．

文献

1) Blount WP, Clarke GR：Control of bone growth by epiphyseal stapling：a preliminary report. J Bone Joint Surg Am **31**：464–478, 2014.
2) Cho TJ, Choi IH, Chung CY et al：Hemiepiphyseal stapling for angular deformity correction around the knee joint in children with multiple epiphyseal dysplasia. J Pediatr Orthop **29**：52–56, 2009.
3) Goff CW：Histologic arrangements from biopsies of epiphyseal plates of children before and after stapling. Correlated with roentgenographic studies. Am J Orthop **9**：87–89, 1967.
4) Gottlibesen M, Rahbek O, Hvid I et al：Hemiepiphysiodesis-similar treatment time for tension-band plating and for stapling. Acta Orthopaedica **84**：202–206, 2013.
5) Goyeneche RA, Primomo CE, Lamert N et al：Correction of bone angular deformities：experimental analysis of staples versus 8-plate. J Pediatr Orthop **29**：736–740, 2009.
6) Lykissas MG, Jain VV, Manickam V et al：Guided growth for the treatment of limb length discrepancy：a comparative study of the three most commonly used surgical techniques. J Pediatr Orthop B **22**：311–317, 2013.
7) Makarov MR, Dunn SH, Singer DE et al：Complications associated with epiphysiodesis for management of leg length discrepancy. J Pediatr Orthop **19**：2016.
8) Metaizeau JP, Wong-Chung J, Bertrand H et al：Percutaneous Epiphysiodesis Using Transphyseal Screws (PETS). J Pediatr Orthop **18**：363–369, 1998.
9) Phemister DB：Epiphysiodesis for equalizing

the length of the lower extremities and for correcting other deformities of the skeleton. Mem Acad Chir (Paris) **76**：758–763, 1950.
10) Shin SJ, Cho TJ, Park MS et al：Angular deformity correction by asymmetrical physeal suppression in growing children：stapling versus percutaneous transphyseal screw. J Pediatr Orthop **30**：588–593, 2010.
11) Stevens PM：Guided growth for angular correction：a preliminary series using a tension bend plate. J Pediatr Orthop **27**：253–259, 2007.
12) Stevens PM：The role of guided growth as it relates to limb lengthening. J Child Orthop **10**：479–486, 2016.
13) Stewart D, Cheema A, Szalay EA：Dual 8-plate technique is not as effective as ablation For epiphysiodesis about the knee J Pediatr Orthop **33**：843–846, 2013.
14) Wiemann JM, Tryon C, Szalay EA：Physeal stapling versus 8-plate hemiepiphysiodesis for guided correction of angular deformity about the knee. J Pediatr Orthop **29**：481–485, 2009.