

外反母趾に対する水平骨切り術後における 第1中足骨回内変形の矯正

奈良県立医科大学整形外科教室

成川 功一, 田中 康仁

POSTOPERATIVE CORRECTION OF FIRST METATARSAL PRONATION DEFORMITY FOR HALLUX VALGUS

KOICHI NARIKAWA and YASUHI TO TANAKA

Department of Orthopedic Surgery, Nara Medical University

Received October 16, 2009

Abstract : The foot with hallux valgus has pronation deformity in the first ray. To clarify the necessity of a supination osteotomy for pronation correction, we investigated 76 feet in 48 patients with moderate to severe hallux valgus treated with newly devised horizontal osteotomies, which have no potential for pronation correction. Preoperative and postoperative pronation deformities in the first ray were analyzed using radiographies. A mapping study showed that the first metatarsal head was moved in a lateral direction by an average of 16% after the horizontal osteotomy and reduced onto the sesamoids. The most frequent sesamoid position, as classified according to the grading system of Hardy and Clapham, was VII before surgery and IV after surgery. Correction of the sesamoid position indicates supination of the proximal phalanx. Concerning the type of hallux pronation using the classification of Okuda et al., angular, intermediate and round shapes of the metatarsal head accounted for 0%, 21%, and 79% before surgery and 59%, 20% and 21% after the surgery. The frequency of the angular shape increased significantly, indicating supination of the first metatarsal head. Even without performing pronation correction at the osteotomy site, consequently correction of the pronation deformity of the first metatarsal was observed as well as of the proximal phalanx. Reposition of the sesamoids caused reduction of the first metatarsal head. Our results showed that supination osteotomy is not necessary for correction of pronation deformities in hallux valgus surgery.

Key words : hallux valgus, pronation, mapping, sesamoid

目 的

外反母趾手術はこれまでに150種類以上の術式が報告されているが、現在ではほとんどの場合に、第1中足骨で骨切りを行い、矯正する術式が用いられる。外反母趾では母趾に回内変形が存在する。骨切り部でその回内変形を矯正する必要性については議論がなされているが、

近年では矯正の重要性が強調されることが多い^{1, 3, 12, 15)}。骨切り方法には容易に回内矯正が調整できる術式と、矯正が難しい術式が存在する¹¹⁾。第1中足骨をZ状に骨切りするScarf法は、中等度以上の変形を有する外反母趾手術に世界で広く用いられている術式である^{1, 7)}。しかしながら、第1中足骨基部の疲労骨折や、中足骨の縦幅減少の問題点が指摘され、我々はこれらを解決するために、

足底面と平行に骨切りする水平骨切り術を考案した¹⁷⁾。この骨切り法自体には、理論的に中足骨の回内変形を矯正する作用はないため、母趾の回内変形に対しては不利とされてきた¹⁾。ところが実際の臨床例では、術後回内変形が矯正され、アーチが改善される例が認められる。今回、水平骨切り術の変形矯正効果を、術前後で撮影した荷重時足部背底X線像を用いて調査し、術前に存在する第1中足骨の回内変形が、術中に骨切りによる回内矯正を追加しなくても改善するか検討した。

対象と方法

《術式ならびに適応》 水平骨切り術は、第1中足骨頸部背側から足底面と平行に骨切りし、近位で底側に方向を変える方法である。足底面と水平に骨切りを行うことにより、荷重時に骨切り面に圧迫力がかかり、骨癒合に有利である。遠位骨片を外側移動し、固定はスクリューにて行う。全例に外側軟部組織解離術を追加している(Fig. 1)。また、母趾中足趾節(MTP)関節内側では、母趾外転筋を底側より引き上げ関節包に縫着した。手術適応は、母趾MTP関節が亜脱臼している例で、母趾内反ストレス撮影にて亜脱臼が残存する中等度以上の外反母趾とした。

《症例》1998年6月から2005年5月までに水平骨切り術を施行した98例148足のうち、術後1年以上経過観察した例で、評価できるX線像が揃っているものは72例108足であった。水平骨切り術による骨性矯正効果のみを評価するために、今回の対象からWeil法による第2,3中足骨短縮術や、第1基節骨骨切り術であるAkin法、Lisfranc関節固定術を行った、24例32足を除外した。最終的に水平骨切り術単独例48例76足を対象とした。女性45例72足、男性3例4足で、年齢は20～80歳、平均56歳で、術後経過観察期間1～7年、平均3年3ヶ月であった。

《X線像撮影方法》 これまでに報告されている標準的な荷重時足部撮影を用いた^{2, 14, 19)}。背底像では距離100センチから15度の入射角で中心は第2中足骨基部とした。患者はカセットの上に片足で立ち、手すりで体幹を支えながら下腿を垂直に保持するようにした。側面像では同様に荷重をかけた状態で横倉法¹⁹⁾に準じ100センチの距離より外側から足部軸と垂直に入射し、中心は足底と外果延長上の交点とした。

《X線像評価法》 手術前と最終調査時における荷重時足部背底像、ならびに荷重時側面像の評価を行った。背底像では、第1中足骨軸と第1基節骨のなす角である外反

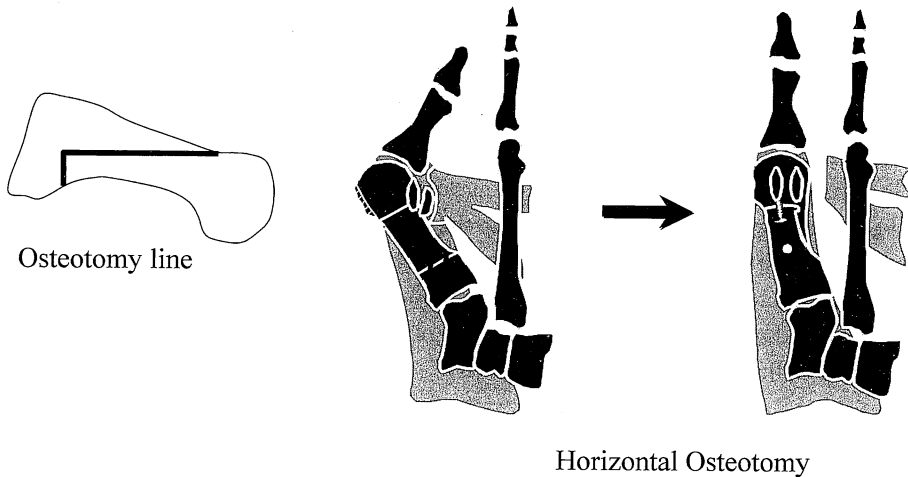


Fig. 1. Horizontal Osteotomy

An incision is made at the medial side of the hallux. The joint capsule is incised in a valve shape. A bone protrusion on the medial side of the first metatarsal is removed. The osteotomy line starts from the dorsal aspect of the first metatarsal head, runs parallel to the sole and proximally, turns vertically downward. An incision is made between the first and the second metatarsals. The adductor hallucis muscle attached to the sesamoids is cut. The sesamoids are relocated under the distal bone fragment, which is moved in a lateral direction and fixed with two or three headless screws. The joint capsule is sutured. The abductor hallucis muscle is pulled up from the plantar side and sutured into the joint capsule.

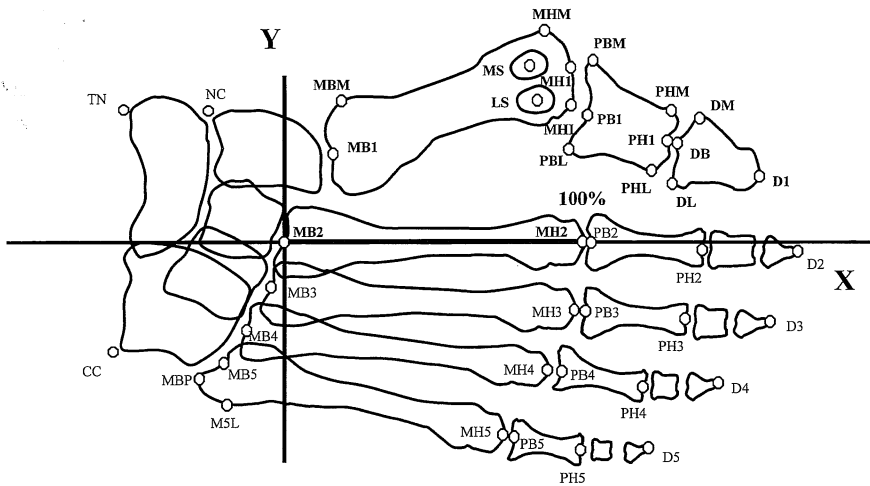


Fig. 2. Mapping System (Dorsoplantar View)

A two-dimensional diagram was drawn with the point at which the second metatarsal axis intersected the transverse tarsal line as the origin, the length of the second metatarsal set at 100%. Each point was converted into a percentage and the coordinates were averaged.

D1-5: Distal end of the distal phalanx of the first to fifth digits; DM: Medial end of the base of the distal phalanx of the first digit; DB: End of the base of the distal phalanx axis of the first digit; DL: Lateral end of the base of the distal phalanx axis of the first digit; PH1-5: Distal end of the proximal phalanx axis of the first to fifth digits; PHM: Medial end of the proximal phalanx head of the first digit; PHL: Lateral end of the proximal phalanx head of the first digit; PB1-5: End of the base of the proximal phalanx axis of the first to fifth digits; PBM: Medial end of the base of the proximal phalanx of the first digit; PBL: Lateral end of the base of the proximal phalanx of the first digit; MH1-5: Distal end of the base of the first to fifth metatarsal axis; MHM: Medial end of the first metatarsal head; MHL: Lateral end of the first metatarsal head; MS: Medial sesamoid; LS: Lateral sesamoid; MB1-5: End of the base of the first to fifth metatarsal axis; MBM: Medial end of the base of the first metatarsal; MBP: Proximal end of the fifth metatarsal; M5L: Lateral end of the base of the fifth metatarsal; NC: Medial side of the center of the navicular first cuneiform joint; TN: Medial side of the center of the talonavicular joint; CC: Lateral side of the center of the calcaneocuboid joint.

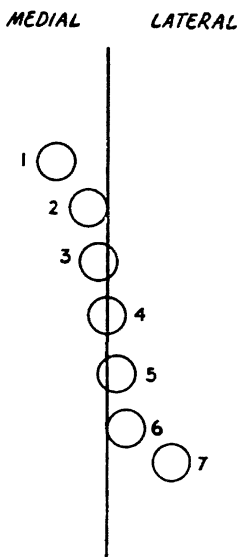


Fig. 3. Location of the Medial Sesamoid⁶⁾

Displacement of the medial sesamoid of the first metatarsophalangeal joint. Seven positions in relation to the axis of the first metatarsal were classified by Hardy&Clapham.

母趾角(HV angle)ならびに第1中足骨軸と第2中足骨軸のなす角である第1,2中足骨角(M 1 / 2 angle)の計測を行った。第1、第2中足骨軸の決定方法は、骨幹端部の中点を結ぶ線とし、第1基節骨骨軸の決定方法については、基節骨遠位の最陥凹部と近位の骨幹端部の中点を結ぶ直線とした。詳細な足部の形態評価は、我々が独自に開発したソフトウェアを用いてマッピング法を用いて解析^{8,10)}した。すなわち背底像(Fig. 2)では第2中足骨軸をX軸とし、これと第2中足骨基部との交点を原点とする二次元の座標を用いて評価した。X線像上に定点を定め、それぞれのX、Y座標値を求めた。足の大きさの個人差を標準化するために、第2中足骨長を100%とするパーセント数値に変換した。また、内側種子骨の偏位をHardy&Claphamの方法⁹⁾によりI度からⅦ度に分類した(Fig. 3)。第1中足骨の回内変形の評価は、Okuda et al.¹²⁾の方法(以下Okudaの分類と記す)に従い、第1中足骨頭外側の形状を角型、中間型、円型に分類して術前後で比較した(Fig. 4)。荷重時足部側面像(Fig. 5)では、横倉法¹³⁾に準じて踵骨最下面を原点とし、これと内側種子骨最下点を結ぶ線をX軸、原点でX軸と直行する直線をY軸とする二次元座標系を用いて、足部定点の座標を計測した。側面像においては原点と種子骨最下点までの距離を100%とする、%数値に変換して標準化した。

《統計学的処理》荷重時背底像ならびに側面像のマッピング解析および角度では、対応のあるt検定(Paired t-test)をX、Y軸両方向に対して行った。Okudaの分類による回内変形の術前後における評価については、分割表の検定であるスピアマンの順位相関係数の検定(Spearman's correlation coefficient rank test)を用いた。Hardy&Clapham分類による種子骨偏位度の変化は、ノンパラメトリック検定のウィルコクソン符号付順位和検定(Wilcoxon signed-ranks test)を用いた。

結 果

外反母趾角(HV angle)は平均で41度から12度、第1,2中足骨角(M 1/2 angle)は20度から13度に改善した。マッピング解析により、術後第1中足骨の有意な短縮は認めなかった。背底像(Table 1)では、第1中足骨は平均16%外側に移動($p < 0.01$)し種子骨上に整復されていた。第1中足骨基部の位置変化は認めず、また第3-5中足骨も変化は認められなかった。種子骨は、外側軟部組織解離を行っているにもかかわらず背底像における有意な位置変化は認めなかった(Fig. 6)。また、MTP関節の第2中足骨に対する位置変化はわずか1%の短縮のみで有意差は認められなかった。Hardy & Clapham分類による術前後の内側種子骨の偏位度は、術前でⅦ度が最も多く、全体の68.4%(52足)を占めたが、術後は有意

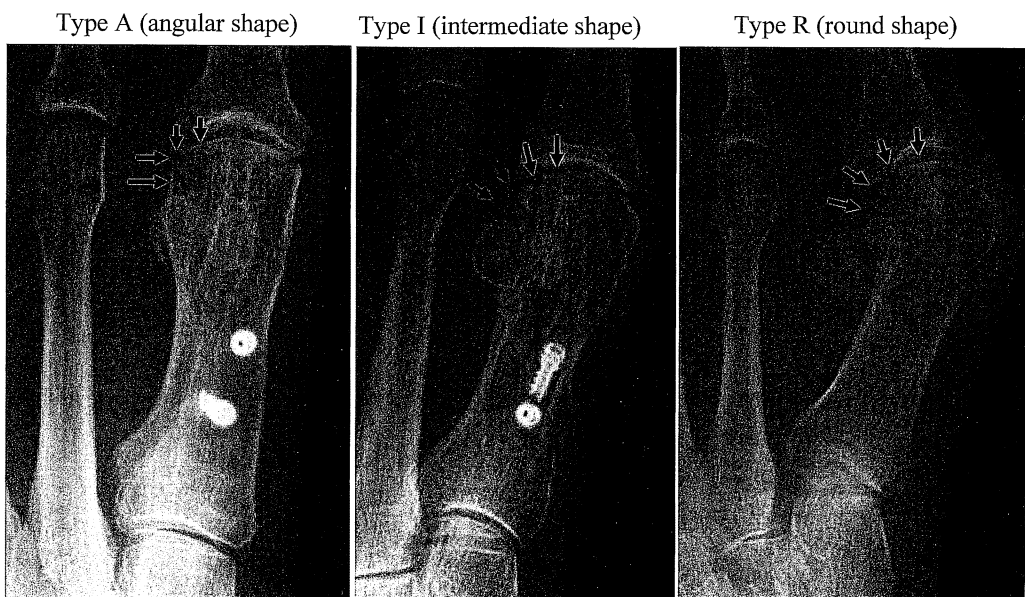


Fig. 4. Evaluation of Hallux Pronation

Pronation was evaluated using the classification proposed by Okuda et al. according to the shape of the lateral edge of the first metatarsal: Type A (angular), Type I (intermediate) and Type R (round).

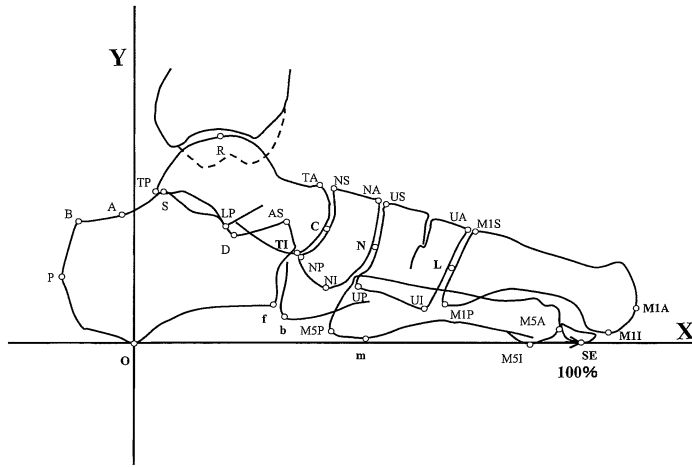


Fig. 5. Mapping System (Lateral View)

Diagram showing the points that were plotted on the two-dimensional coordinate system. Values of X that are distal to the Y-axis are positive. Values of Y that are proximal to the X-axis are positive. L: Midpoint at the first cuneiform-metatarsal joint; N: Midpoint at the naviculo-first cuneiform joint; C: Midpoint at the talo-navicular joint; R: Midpoint at the tibia-talar joint; m: The lowest point of the base of the fifth metatarsus; b: The lowest point of the base of the cuboid; f: The lowest point of the base of the anterior joint surface of the calcaneus; M1A: The apex of the first metatarsal head; M1S: The highest point of the posterior joint surface of the first metatarsus; M1P: The lowest point of the posterior joint surface of the first metatarsus; UA: The highest point of the anterior joint surface of the first cuneiform; UI: The lowest point of the anterior joint surface of the first cuneiform; US: The highest point of the posterior joint surface of the first cuneiform; UP: The lowest point of the posterior joint surface of the first cuneiform; NA: The highest point of the anterior joint surface of the navicular; NI: The lowest point of the anterior joint surface of the navicular; NS: The highest point of the posterior joint surface of the navicular; NP: The lowest point of the anterior joint surface of the navicular; TA: The highest point of the anterior joint surface of the talus; TI: The lowest point of the anterior joint surface of the talus; TP: The most posterior point of the talus body; AS: The apex of the anterior process of the calcaneus; S: The highest point of the calcaneus of the posterior talocalcaneal joint surface; B: The highest point and most posterior point of the posterior calcaneus; P: The most posterior point of the posterior calcaneus; SE: The lowest point of the medial sesamoid of the first metatarsophalangeal joint, which was directly in line with the X axis; O: The lowest point of the calcaneus, which is the point of origin; M5A: The apex of the fifth metatarsal head; M5I: The lowest point of the fifth metatarsal head.

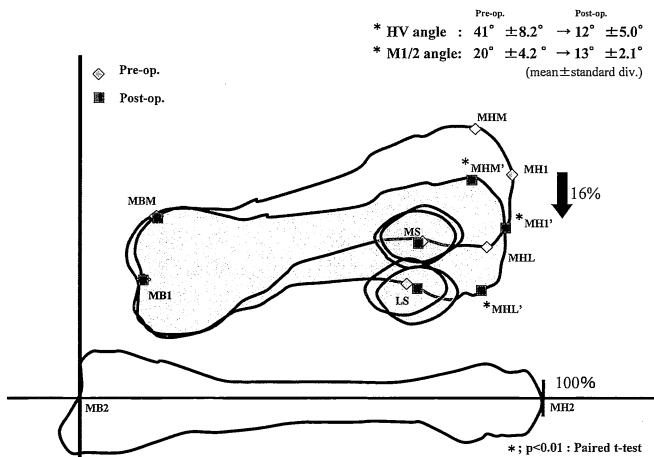


Fig. 6. Preoperative and Postoperative Position of the First Metatarsal and Sesamoids. (Dorsoplantar View)

The point MH1 representing the first metatarsal head has moved to the lateral side with Y values of 16% ($P < 0.01$). A significant difference was observed in the direction of the Y-axis, however there is no significant difference in the position of the sesamoids and in the other coordinates. There is significant improvement in both the hallux valgus (HV) and intermetatarsal (M1M2) angles.

Table 1. Measurement of the X and Y coordinates at Dorsoplantar View of the Mapping System

Site	Dorsoplantar View			
	Pre-operation		Post-operation	
	Mean and Standard Dev.	Mean and Standard Dev.	Mean and Standard Dev.	Mean and Standard Dev.
	X Coordinate (%)	Y Coordinate (%)	X Coordinate (%)	Y Coordinate (%)
D1	163±3.84	-16± 10.19	166±6.88	-31±9.80 *
D2	169±5.23	9± 8.19	169±4.66	5±8.20
D3	157±6.28	30± 5.29	158±5.59	28±6.10
D4	139±7.45	47± 6.04	140±7.00	43±5.59
D5	114±5.94	63± 7.60	115±5.45	60±6.86
DM	141±4.55	-32± 7.76	141±6.91	-47± 7.31 *
DB	136±3.59	-25± 6.82	137±6.16	-38±6.40 *
DL	134±3.93	-15± 5.29	138±6.12 *	-25±6.61 *
PHM	138±4.09	-32± 7.28	137±6.50	-45±6.83 *
PH1	132±4.20	-26± 6.34	135±6.27 *	-37±6.41 *
PHL	133±4.26	-18± 5.82	135±6.07	-28±6.76 *
PH2	140±3.54	5± 5.37	140±2.71	3±5.73
PH3	130±3.74	28± 5.47	131±3.40	26±4.97
PH4	118±4.83	49± 5.80	118±4.10	47±4.98
PH5	96±5.80	69± 7.51	96±5.58	67±6.61
PBM	99±3.06	-50± 4.75	92±6.05 *	-49±4.22
PB1	100±3.10	-39± 3.70	98±5.74	-38±2.92
PBL	91±2.59	-29± 3.04	94±4.09 *	-25±2.73 *
PB2	103±0.93	1± 1.46	103±0.62	0±1.56
PB3	97±2.21	22± 2.56	97±2.39	22±2.47
PB4	85±3.34	44± 4.43	85±3.46	43±4.20
PB5	66±4.77	67± 5.38	66±4.86	66±5.29
MHM	88±3.22	-62± 4.63	87±6.75	-50±5.25 *
MH1	96±2.74	-52± 4.87	95±5.23	-38±4.89 *
MHL	90±3.97	-33± 4.55	89±5.15	-24±4.04 *
MH2	100±0.00	0± 0.00	100±0.00	0±0.00
MH3	94±2.02	22± 2.40	94±2.25	22±2.02
MH4	83±3.38	44± 4.27	83±3.63	43±3.87
MH5	63±5.40	69± 5.97	63±5.27	68±6.17
MB1	17±1.97	-26± 2.18	17±2.29	-25±2.89
MB2	0±0.00	0± 0.00	0±0.00	0±0.00
MB3	-2±2.34	14± 1.84	-2±1.73	15±2.02
MB4	-10±2.71	27± 3.35	-11±2.94	27±4.24
MB5	-23±3.52	40± 4.45	-22±3.58	39±4.80
MBM	16±2.06	-41± 3.27	17±2.54	-41±3.79
M5L	-24±4.46	56± 5.50	-23±4.99	55±5.12
MBP	-31±4.69	47± 5.25	-31±4.69	47±5.01
NC	-26±8.91	-34± 16.14	-24±4.07	-36±4.09
TN	-55±10.35	-36± 4.53	-56±5.89	-36±6.16
CC	-53±5.22	33± 20.11	-52±5.26	35±6.39
LS	73±2.68	-22± 2.73	75±3.26	-21±3.07
MS	76±3.05	-35± 4.21	75±3.75	-34±4.43

The values of the coordinates are given as percentages of the length of the second metatarsal.

*: p value<0.01 (Paired t-test)

Table 2. Sesamoid Position according to Hardy&Clapham

Classification	I	II	III	IV	V	VI	VII
Pre-op.	0	0	0	0	2	22	52
Post-op.	0	6	14	32	16	8	0

Unit: feet

p<0.01: Wilcoxon signed-ranks test

Table 3. Improvement of Sesamoid Displacement according to Hardy&Clapham Classification

Improvement grade	No change	1 grade	2 grades	3 grades	4 grades	5grades
	2	6	30	26	8	4

Unit: feet

Table 4. Improvement of Pronation of the First Metatarsal according to Okuda Classification.

	type A	type I	type R
Pre-op.	0(0%)	16(21%)	60(79%)
Post-op.	45(59%)	15(20%)	16(21%)

Unit: feet

p<0.01: Spearman's correlation coefficient by rank test

に改善し81.6% (62足)でⅢ度からⅤ度の間に位置していた(Table 2)。また、度数の改善率は2段階と3段階で全体の73.7% (56足)であった(Table 3)。Okudaの分類による、第1中足骨外側縁の形状は、術前で角型0%、中間型21%、円型79%、術後はそれぞれ59%、20%、21%であり角型が術後有意に増加した(Table 4)。

側面像(Table 5)では術後第1中足骨の短縮は認めなかった。骨頭は2.9%背側に移動していた(p<0.01)。第

1中足骨基部は1%背側に移動し、楔状骨は0.9%背側に移動する傾向を認めた。舟状骨は移動しなかった(Fig. 7)。種子骨は底側に移動し、さらに種子骨が第1中足骨頭の下に移動することにより、種子骨に対する骨頭の位置が2.2%上昇していた(p<0.01) (Fig. 7)。内側縦アーチは前足部でわずかに改善したが、外側縦アーチに有意な変化は認めなかった。すなわち第1中足骨のY軸方向に有意な変化を認める他は各点の変化は認めなかつ

Table 5. Measurement of the X and Y coordinates at Lateral View of the Mapping System

Lateral View				
Site	Pre-operation		Post-operation	
	Mean and Standard Dev.	Mean and Standard Dev.	Mean and Standard Dev.	Mean and Standard Dev.
	X Coordinate (%)	Y Coordinate (%)	X Coordinate (%)	Y Coordinate (%)
MII	105 ± 2.24	2 ± 1.53	104 ± 1.63	5 ± 1.05 *
L	72 ± 1.64	19 ± 2.51	73 ± 2.45	20 ± 2.31
N	55 ± 1.62	24 ± 3.20	55 ± 2.10	25 ± 3.48
C	44 ± 1.41	28 ± 3.78	44 ± 1.80	29 ± 4.39
TI	36 ± 1.73	23 ± 3.94	37 ± 1.63	24 ± 4.69
O	0 ± 0.00	0 ± 0.00	0 ± 0.00	0 ± 0.00
m	50 ± 2.47	3 ± 1.50	52 ± 3.31	3 ± 1.68
b	39 ± 1.92	7 ± 2.37	40 ± 2.15	7 ± 2.29
f	35 ± 2.03	11 ± 2.83	36 ± 2.03	12 ± 3.00
M1A	112 ± 1.53	7 ± 1.55	112 ± 1.53	10 ± 1.41 *
SE	100 ± 0.00	0 ± 0.00	100 ± 0.00	0 ± 0.00
M5A	96 ± 2.53	4 ± 1.39	98 ± 4.05	5 ± 1.44
M5I	91 ± 2.33	0 ± 1.16	92 ± 4.32	0 ± 1.60
M1S	77 ± 2.06	27 ± 2.47	77 ± 2.75	28 ± 2.26
UA	75 ± 1.75	27 ± 2.23	75 ± 2.50	29 ± 2.24
M1P	70 ± 1.75	10 ± 2.66	69 ± 2.18	10 ± 2.24
UI	67 ± 1.51	9 ± 2.75	67 ± 2.21	10 ± 2.26
US	56 ± 1.55	34 ± 3.02	57 ± 2.54	35 ± 3.46
NA	54 ± 1.68	34 ± 2.84	55 ± 2.61	35 ± 3.64
UP	51 ± 1.32	16 ± 3.48	51 ± 1.92	17 ± 3.77
NI	46 ± 1.62	15 ± 3.72	46 ± 2.02	17 ± 4.21
M5P	46 ± 2.07	6 ± 1.73	47 ± 3.83	6 ± 1.71
NS	46 ± 1.67	37 ± 3.90	46 ± 2.17	38 ± 4.63
TA	45 ± 1.76	38 ± 4.39	45 ± 2.13	39 ± 5.27
NP	39 ± 1.29	22 ± 3.89	38 ± 2.35	23 ± 4.32
AS	36 ± 1.23	29 ± 2.58	36 ± 1.56	30 ± 2.63
R	23 ± 1.71	50 ± 3.93	23 ± 2.56	51 ± 4.57
LP	24 ± 1.77	28 ± 2.95	24 ± 1.91	28 ± 3.18
D	23 ± 1.67	25 ± 2.43	23 ± 1.76	25 ± 2.46
TP	7 ± 2.21	38 ± 2.56	6 ± 2.29	38 ± 2.77
S	10 ± 2.22	36 ± 2.90	9 ± 2.29	37 ± 2.86
AS	-3 ± 2.57	30 ± 1.30	-4 ± 2.21	30 ± 1.68
B	-10 ± 1.73	30 ± 1.40	-11 ± 1.90	31 ± 1.64
P	-15 ± 1.39	12 ± 2.51	-15 ± 1.55	13 ± 2.69

The values of the coordinates are given as percentages from the lowest point of the calcaneus to the lowest point of medial sesamoid.

*: p Value < 0.01 (Paired t-test)

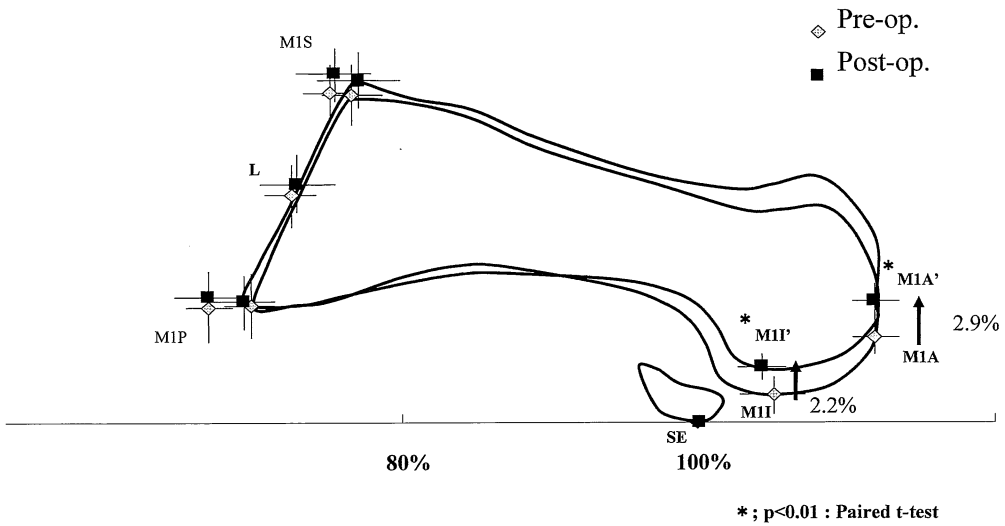


Fig. 7. Changes in the First Metatarsal and Sesamoid Position after Surgery (Lateral View)

There is no significant change in the position of the base of the first metatarsal. The distal end and lower end of the first metatarsal head have moved upward from the sesamoids by 2.9% ($P < 0.01$) and 2.2%, respectively ($P < 0.01$), implying significant differences in the Y-axis direction. There is no significant change in the other coordinates.



Pre-op. Hardy VII, Type R (round shape)



Post-op. Hardy III, Type A (angular shape)

Fig. 8. Typical Case: 64-Year-Old Female Patient (Dorsoplantar View)

A line shows the axis of the first metatarsal. Dislocation of the lateral sesamoid (Hardy&Clapham Type VII) and pronation of the first metatarsal (Okuda Type R) are observed preoperatively. The sesamoids was reduced (Hardy&Clapham Type III) and the pronation was corrected (Okuda Type A) postoperatively.

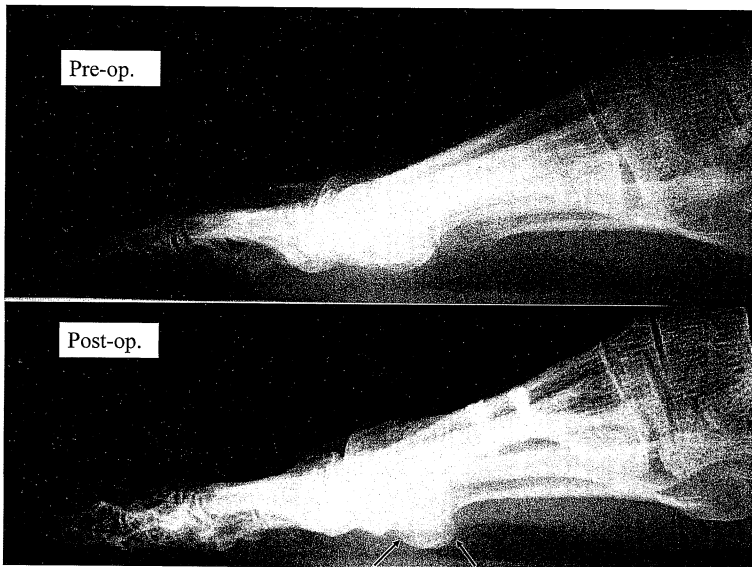


Fig. 9. Typical Case: 45-Year-Old Female Patient (Lateral View)
After surgery, the sesamoids and the metatarsal head have moved toward the plantar and dorsal sides, respectively.

た。つまり、水平骨切り術によって回内変形が有意に改善され、種子骨の整復とともに縦アーチの改善を認めた (Fig. 8, 9)。

考 察

外反母趾の矯正を第1中足骨骨切り術で行う際に、母趾列に存在する回内変形を骨切り部で矯正しなければならないかは議論がある^{3, 11)}。我々が考案¹⁷⁾した水平骨切り術は、足底と平行 (Fig. 1) に第1中足骨を骨切りする方法である。遠位骨片は足底と平行に外側に移動するだけで回内変形の矯正は行っていない。Scarf法に関しては、回内変形が骨切りで矯正されているという報告はない。

我々が考案した足部マッピング法を用いることにより、水平骨切り術前後での、荷重時足背底・側面 X 線像における種子骨を含めた足部骨格の形態変化を描出することができた。背底像では種子骨の大きな位置変化はなく、骨頭下に整復されていることが明らかになった。母趾内転筋の外側種子骨附着部を切離し、外側軟部組織解離を施行しても種子骨内側への移動効果に乏しいことが初めて示された。このことから、種子骨の整復には骨頭を種子骨の位置に近づける操作が不可欠であることがわかる。

これらの結果は、Hardy&Clapham の分類の位置評価や一般的な種子骨軸位撮影では証明できない事項である。特に種子骨軸位撮影の問題点として、軸位をとるためには母趾 MTP 関節にて背屈しなければ撮影できず、その状態での種子骨の位置評価になる。荷重時背底像でも、種子骨の位置評価は十分に可能であり、一貫した撮影法とマッピングにより標準化することで信頼性のある結果を得ることが出来た。

骨頭の形状については、骨頭外側の円形徴候と外反母趾変形との関連性⁹⁾ や、円形徴候が荷重時に母趾 MTP 関節に大きなストレスを与える事は以前より指摘¹⁵⁾ されている。第1中足骨遠位関節面傾斜角 (DMAA) と中足骨のローテーションは一致するという報告もあるが、回内変形が著しい場合は特に測定者によってばらつきが大きく、信頼性のあるデータは得られない¹³⁾。そのため今回は、DMAA による中足骨回内評価は行なわなかった。Okuda et al.¹²⁾ は初めて外反母趾再発と骨頭の形状との関連性を示し、回内変形の矯正は外反母趾手術において極めて重要であることを示した。我々はこの Okuda の分類を利用することにより、中足骨の回内変形が水平骨切り術単独によっても矯正されることが明らかになった。

第1中足骨の回内変形が矯正されるメカニズムについて

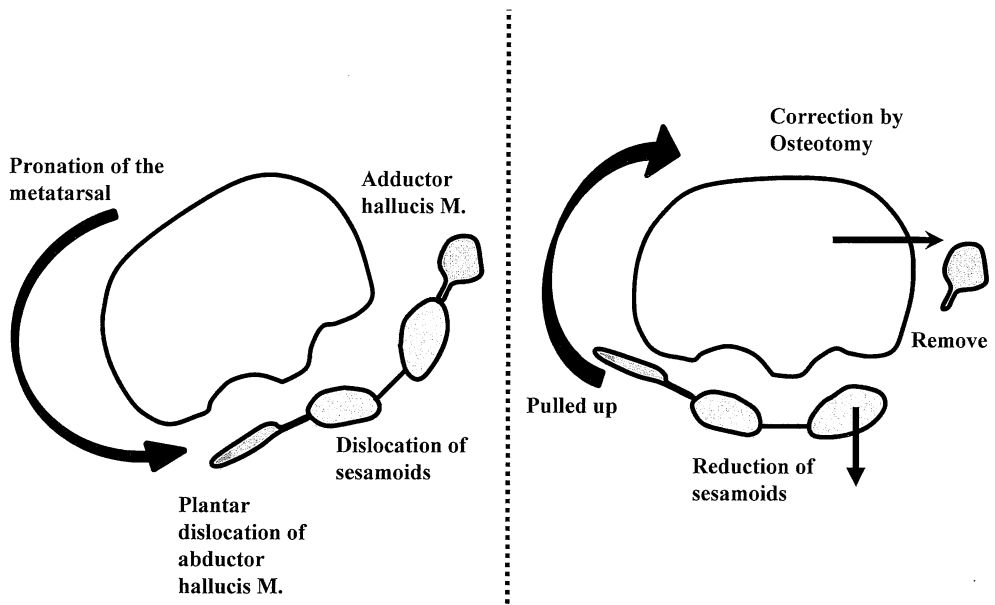
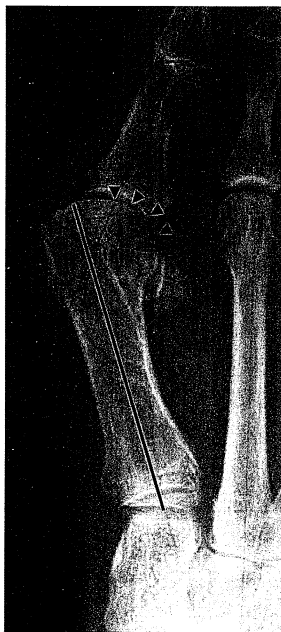


Fig. 10. Reduction of the Dislocated Sesamoid Complex

Dislocation of the sesamoid complex and pronation of the first metatarsal are observed before surgery. The lateral soft tissue was removed and the abductor hallucis muscle was pulled up intraoperatively. The sesamoid complex is reduced under the first metatarsal, which courses the first metatarsal supinated.



Pre-op. HardyVII, Type R



Post-op. HardyVI, Type R

Fig. 11. Incomplete Reduction of the Dislocated Sesamoids

Type R of the metatarsal head and Type VII of the sesamoid position were seen before surgery. However, the type of the metatarsal head was not changed and only a single degree improvement to Type VI was observed in the sesamoid position.

て考察した。短母趾屈筋腱は内外側種子骨と共に種子骨複合体を形成し、基節骨基部に停止している。Hardy&Clapham 分類により術後に内側種子骨が有意に内側に移動するという結果からも、基節骨を含めた母趾全体の回外が示唆された。側面像でのマッピング解析では第1中足骨頭が種子骨上に整復され、舟状楔状関節を軸とした縦アーチの改善も認めた(Fig. 7, 9)。これは中足骨の回内と縦アーチ減少は互いに相関関係にあるという報告⁴⁾と合致する結果であった。また、母趾外転筋はアーチ形成に重大な役割を果たすとされており、術中操作で外転筋を引き上げていることも影響していると考えられた¹⁰⁾。つまり、基節骨基部底側から、母趾外転筋を含む種子骨複合体が外側に脱臼していると、外側種子骨が骨頭の下になく、荷重をかけると必然的に骨頭は回内する。種子骨が第1中足骨頭下の適切な位置に整復されることにより、骨頭の回内変形が改善すると考えられた(Fig. 10)。このことは種子骨の整復が不十分な症例では回内変形が残存する事からも裏付けられた(Fig. 11)。

次に、回内変形を骨切り部で整復する必要性について考察した。第1中足骨近位で半月状に骨切りを行うMann法では、回内変形も一期的に矯正可能であり、骨切り部で回内変形を矯正する試みが成されている^{9, 11)}。しかし、我々の検討では、術中骨切り部で矯正を加えなくても回内変形は矯正されていた。正岡・城戸¹⁰⁾は外反母趾の第1中足骨には回内変形が存在するが、これは第1中足骨そのものが回内しているのではなく、扁平足をとまっているために、足全体の回内変形を反映しているに過ぎないと結論づけた。我々の結果と併せて考察すると、外反母趾手術において中足骨の骨切り部における回内変形矯正の必要はないと考えられた。

結 論

外反母趾手術の際、骨切りによって術中に第1中足骨の回内変形の矯正を追加しなくても、外側軟部組織解離により種子骨複合体の整復を確実に行うことで、術前に存在する回内変形は改善し、母趾の回外と縦アーチ改善を認めた。

謝 辞

論文執筆にあたり、症例提供や御助言を頂きました、奈良県立医科大学名誉教授高倉義典先生をはじめ、奈良県立医科大学足の外科研究班の皆様へ深謝いたします。

文 献

1) Barouk, L. S. : Scarf osteotomy of the first meta-

tarsal in the treatment of hallux valgus. *Foot Dis.* II : 35-48, 1995.

- 2) Drobocky, I. Z. : Radiographic examination of the normal foot. In *Surgery of the foot*, edited by R. A. Mann. Ed. 5, pp.50-64. St. Louis, C. V. Mosby, 1986.
- 3) Esemeli, T., Yildirim, Y. and Bezer, M. : Lateral shifting of the first metatarsal head in hallux valgus surgery: Effect on sesamoid reduction. *Foot Ankle Int.* 24 : 922-926, 2003.
- 4) Eustace, S., Byrne, J. O., Beausang, O., Codd, M., Stack, J. and Stephens, M. M. : Hallux valgus, first metatarsal pronation and collapse of the medial longitudinal arch - a radiological correlation. *Skeletal Radiol.* 23 : 191-194, 1994.
- 5) Ferrari, J. and Malone-Lee, J. : The shape of the metatarsal head as a cause of hallux abductovalgus. *Foot Ankle Int.* 23 : 236-242, 2002.
- 6) Hardy, R. H. and Clapham, J. C. R. : Observations on hallux valgus. *J. Bone Joint Surg. Br.* 33 : 376-391, 1951.
- 7) Jones, S., Hussainy, H. A., Ali, F., Betts, R. P. and Flowers, M. J. : Scarf osteotomy for hallux valgus. *J. Bone Joint Surg. Br.* 86 : 830-836, 2004.
- 8) Komeda, T., Tanaka, Y., Takakura, Y., Fujii, T. and Samoto, N. : Evaluation of the longitudinal arch of the foot with hallux valgus using a newly developed two-dimensional coordinate system. *J. Orthop. Sci.* 6 : 110-118, 2001.
- 9) Mann, R. A. and Coughlin, M. J. : Hallux valgus - Etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin. Orthop.* 157 : 31-41, 1981.
- 10) 正岡悟・城戸正博 : 母趾外反変形に伴う母趾列回旋のX線学的検討. *日足外会誌.* 16 : 153-158, 1995.
- 11) McCarthy, A. D., Davies, M.B., Wembridge, K. R. and Blundell, C. : Three-Dimensional analysis of different first metatarsal osteotomies in a hallux valgus model. *Foot Ankle Int.* 29 : 606-612, 2008.
- 12) Okuda, R., Kinoshita, M., Yasuda, T., Jotoku, T., Kitano, N. and Shima, H. : The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of Hallux valgus. *J. Bone Joint Surg. Am.* 89 : 2163-2172, 2007.

- 13) **Robinson, A. H., Cullen, N. P., Chhaya, N. C., Sri-Ram, K. and Lynch, A.** : Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. *Foot Ankle Int.* **27** : 1036-1040, 2006.
- 14) **Schereff, M. J.** : Radiographic analysis of the foot and ankle. In disorders of the foot and ankle. Medical and surgical Management, edited by M. H. Jahss. Ed. 2, vol. 1, pp. 91-108. Philadelphia, W. B. Saunders, 1991.
- 15) **Stephen, M.** : Shape of the first metatarsal head in hallux rigidus and hallux valgus. *J. American Podiatric Med. Association.* **78** : 300-304, 1988.
- 16) **Tanaka, Y., Takakura, Y., Kumai, T., Samoto, N. and Tamai, S.** : Radiographic analysis of hallux valgus: A two-dimensional coordinate system. *J Bone Joint Surg Am.* **77** : 205-213, 1995.
- 17) **田中康仁** : イラストでみる必修手術テクニック . 外反母趾 (2). 第1中足骨水平骨切り術 . 関節外科. **23** : 731-736, 2004.
- 18) **Wong, Y. S.** : Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: A kinematic and anatomical cadaver study. *Foot Ankle Int.* **28** : 617-620, 2007.
- 19) **Yokokura, S.** : A radiographic criterion of the medial and lateral longitudinal arch of the normal foot and classification of the flat foot. *J Japanese Orthop. Assn.* **3** : 331-360, 1928. (in Japanese)