

症例報告

## 大腿骨骨肉腫広範切除術後に 膝 rotation plasty が施行された 1 症例

鈴木 順一

### Knee Rotation Plasty as a Salvage Procedure in Revision of Tumor Endoprosthesis of the Distal Femur : a Case Report

Junichi SUZUKI

**Abstract :** The case is a 27-year-old man (at the time of the last follow-up). After a diffuse excision of an osteosarcoma in his left thigh, his artificial joint became loose, and a knee rotationplasty was performed in April 1992 to restore function. After the surgery, the transition of function acquisition in physical therapy was retrospectively investigated for four years, from 1992 to 1996. The range of joint movement of the affected limb had reached almost normal range 20 weeks after surgery, but he needed 20 months to recover enough muscle strength around the hip joint. He started walking independently 14 months after surgery, but about two years was needed for the bone adhesion to solidify. During this time, a knee-ankle-foot orthosis with an ischium support was used. After the bone adhesion was complete, weight bearing was allowed only on the sole, and the knee joint could be moved from  $-5^{\circ}$  of extension to  $90^{\circ}$  of flexion. At the last follow-up, his was participating in sport activities, and he was able to perform higher functions than he did after the excision surgery. For physical therapy after after knee rotationplasty, long-term intervention must be used to accommodate bone adhesion.

**抄録 :** 症例は 27 歳 (経過観察最終時)。男性。左大腿骨骨肉腫広範切除術後に人工関節の緩みが生じ機能再建を目的に 1992 年 4 月膝 rotation plasty が施行された。手術後理学療法における機能獲得の推移を後方視的に調査した。調査期間は 1992 年から 1996 年の 4 年間であった。患肢の関節可動域は術後 20 週ではほぼ正常域に達したが、股関節周囲の十分な筋力の回復には 20 ヶ月を要した。術後 14 ヶ月で独歩を開始するも、骨癒合が完成するまでに約 2 年を要し、その間は坐骨支持つき長下肢装具を使用した。骨癒合完成後は足底のみでの荷重が可能となり、膝継手を伸展  $-5^{\circ}$  から屈曲  $90^{\circ}$  まで動かすことが可能となった。最終経過観察時ではスポーツ活動も可能となり、広範切除術後の機能に比べ高い活動性が獲得されていた。膝 rotation plasty の術後理学療法では骨の癒合状況に応じた長期的な理学療法の介入が必要といえる。

### はじめに

従来、大腿骨骨肉腫に対する治療法としては患肢の切・離断術が行われてきた。しかし化学療法の進歩と<sup>1)</sup>微小血管外科や人工関節の発達に伴って腫瘍を切除し、患肢を温存する患肢温存療法が選択されてい

る<sup>2)</sup>。欧米では、これまで結核性関節炎や先天的下肢短縮の機能改善を目的とした膝 rotation plasty も、大腿骨骨肉腫の患肢温存療法に適応され、反転した足関節が持つ外観上の問題が指摘されつつも機能的長所が報告されている<sup>3-5)</sup>。これまで膝 rotation plasty に関する研究は、整形外科的見地からの報告が多く医学的リハビリテーションに関しては装具療法を中心とした報

告を散見する程度といえる<sup>6)</sup>。

今回、大腿骨骨肉腫に対し広範切除術および人工膝関節置換術が施行された後、ステムの緩みで膝 rotation plasty が施行された一症例の機能獲得の推移を後方視的に調査したので報告する。調査対象期間は1992年から1996年までの4年間であった。

## I. 膝 rotation plasty とは

膝 rotation plasty 法とは大腿骨遠位もしくは脛骨近位部に発生した腫瘍病巣部を、膝関節と共に切除し、残った下腿部を180度回転し再接合する機能再建手術である(図1)。また患肢温存術後の人工膝関節に発生した感染や緩みの再建法としても選択されている。再建肢は足が180°反転した状態で接合されるため、相対する膝伸展筋と足底屈筋が、そして膝屈筋と足背屈筋がそれぞれ縫合されることになる。そのため同法では足関節の底屈を膝の伸展として、背屈を屈曲として代償させることが可能となる<sup>7-9)</sup>。また腫瘍に浸潤されていない限り神経および血管は温存されるので、術後の阻害因子となる幻肢や幻肢痛は出現しにくく、下肢の喪失感が少ないことも同法の特徴といえる。膝関節の切除に伴う脚長差を補うため立位・歩行時は長下肢装具が必要となるが、荷重部が本来の足底となるため支持性にも優れている<sup>9-12)</sup>。

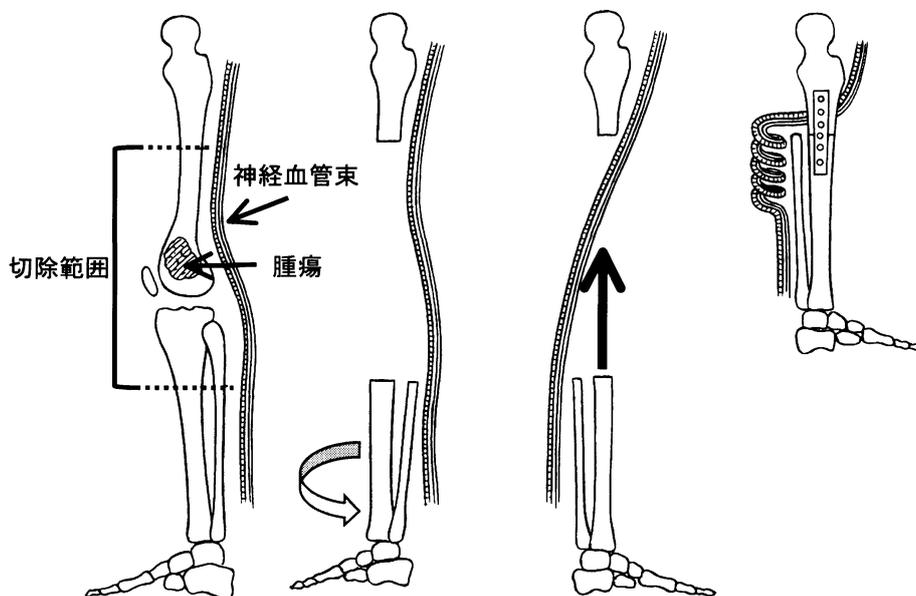


図1 Rotation plasty 手術法 (引用: 文献8 一部改変)

## II. 症 例

27歳(経過観察最終時)、男性、事務職。(図2)

診断名: 左大腿骨遠位部骨肉腫 (osteosarcoma)

障害名: 左下肢短縮による下肢機能障害。

既往歴: 1986年5月左膝の疼痛にて発症した。上記診断にて同年8月より術前化学療法開始し、10月上旬左下肢広範切除術、左人工膝関節置換術(大腿直筋、縫工筋、半腱・半膜様筋温存)が施行された。翌1987年1月中旬独歩可能となるが活動性は低かった。現病歴: 1990年2月に誘因なく左大腿部痛が出現し、X線画像所見にて人工膝関節大腿骨側 stem の緩



図2 症 例

みが確認された。1992 年 4 月中旬機能再建目的で左膝 rotation plasty 術が施行された。

合併症：特になし，転移（－）

理学療法開始時所見（1992 年 4 月下旬）：

身長 168 cm，体重 47 kg，脚長差 34 cm

術後左骨盤大腿ギプス固定（左股関節～左足関節まで）

左足関節可動域：背屈 0°（-5°），底屈 55°（45°）。

左足関節筋力：背屈 Fair，底屈 Poor。

幻肢・幻肢痛：膝部の実大型幻肢（+），幻肢痛（－）。

右下肢運動機能：関節可動域，筋力ともに正常。

日常生活活動：セルフケアに一部要介助レベル。院内車いす自力移動可能。

禁忌事項：ギプス内左下腿部回旋運動禁止。

理学療法における問題点：#1 左下肢短縮，#2 左下肢筋力・可動域低下，#3 歩行障害。

### Ⅲ．理学療法経過

術後 4 年間の理学療法経過を表 1 に示した。

#### 1) 運動療法経過

足関節に対する運動療法は術後 3 週目より関節可動域拡大・筋力増強運動を開始した。骨盤大腿ギプスは術後 9 週でギプスシャーレとなり，術後 16 週まで夜間用外固定として使用した。ギプス除去に伴い Hubbard 浴による水治療法を併用し関節可動域の拡大を図った。運動療法開始時，背屈 0°，底屈 55°であった足関節の可動域は，術後 6 ヶ月で背屈 20°，底屈 70°まで拡大し，経過観察終了時まで維持された。足関節の筋力は運動療法開始時背屈 Fair，底屈 Poor であったが，術後 20 週で背屈 Normal，底屈 Good，術後 24 週で底・背屈ともに Normal となった。

股関節に対する運動療法は，術後 19 週より股関節全運動方向の関節可動域運動および筋力増強運動が開始となった。ただし運動療法に際しては，長下肢装具の大腿コルセットで骨接合部を保護しながらの実施が指示された。股関節の関節可動域は術後 24 週でほぼ正常可動域が獲得され，運動療法開始時 Poor<sup>+</sup>～Fair<sup>-</sup>であった股関節周囲筋力は，術後 9 ヶ月で Good<sup>+</sup>，術後 20 ヶ月で Normal まで回復した。

足関節の底・背屈を膝関節の伸展・屈曲として作用させるための筋制御機構は，筋再教育運動により術後

表 1 理学療法経過

運動療法	装具療法
2 週： 起立練習開始。	
3 週： 左足部および足趾自動運動・可動域練習開始，左患肢免荷両松葉杖歩行開始	
7 週： 左膝部実大型幻肢消失。	
9 週： 骨盤大腿ギプス除去，ギプスシャーレ変更	
14 週： Hubbard 浴（水治療法）にて股関節可動域練習，股関節周囲筋自動運動開始	
16 週： 夜間外固定除去	坐骨支持付長下肢装具完成，平行棒内左下肢荷重練習開始（部分荷重 35 kg 可能）
19 週： 長下肢装具装着にて股関節全方向関節可動域練習開始，左股関節周囲筋徒手抵抗練習開始	
20 週： 左足関節筋収縮制御獲得（足関節底・背屈を膝相当関節の伸展・屈曲として作用）	
22 週： 装具装着にて両松葉杖歩行練習開始（装具荷重 40 kg 獲得）	
24 週： T 字杖歩行練習開始，外転歩行（+）	
28 週： 自宅退院	装具全荷重獲得，T 字杖 10 m 歩行 14 秒 18 歩
36 週： 外転歩行消失	
38 週： 事務職復職	
14 ヶ月： 独歩開始 10 m 10 秒 15 歩，体幹の側屈出現	
18 ヶ月： 左術側骨接合部骨癒合完成	
20 ヶ月： 坐骨支持付長下肢装具修正（坐骨支持部および大腿ソケット中枢部遠位 3 cm 切除），体幹の側屈消失，患肢踵離地足部の外側ウィップ出現，遊脚中期の分回し歩行出現	
47 ヶ月： 長下肢装具更新（左足部差し込み式，大腿コルセット短縮）	
48 ヶ月： 連続歩行 1 km 可能，6 分間歩行 375 m, 10 m 独歩 8 秒 14 歩，ゴルフ・ボーリング可能	

20週で獲得されたが、膝としての運動感覚は装具装着時のみに限られていた。

## 2) 装具療法経過

### (1) 装具の構造

初回に処方された長下肢装具は総重量 2.3 kg で、近位側に骨接合部を保護するための坐骨支持つき大腿ソケットを設け、遠位側には足底部を保持する足部ソケットを設けた。膝継手は足関節底屈位における側方安定性を高め、最終可動域でのストレスを軽減する目的で両側ダイヤル・ロック式を用いた。膝継手軸は進行方向に対し垂直に設定し、制動角度は屈曲  $80^\circ$ 、伸展  $-10^\circ$  とした。下腿部は殻構造とし、足部には SACH 足を使用した (図 3)。

骨接合部の癒合が完了した 1 年 8 ヶ月後に大腿ソケットの坐骨支持部を切除し、体重を遠位側ソケットのみで負荷する構造へ修正を加えた。

長下肢装具の更新は術後 3 年 11 ヶ月で行った。更新時膝継手は単軸遊動膝を用い、膝継手軸は足関節の運動軸に合わせた内旋  $5^\circ$ 、外反  $15^\circ$  に設定した。膝継手軸と足関節軸の一致に伴い、装具装着下における足関節背屈が容易になり装具の膝屈曲は  $90^\circ$  まで可能となった。

初回に製作した長下肢装具の遠位側ソケットは足底面のみで荷重する構造であったが、足関節底屈可動域の拡大に併せソケットを差込式構造へ変更した (図 4 ab)。下腿部は骨格構造とし、足部はエネルギー蓄積足部 (Ohio Willow Wood 社製 Carbon Copy II<sup>®</sup>) を使用した。大腿コルセットは小型化し、足関節側方の安定と懸垂装置としての機能を残した。更新した長下肢

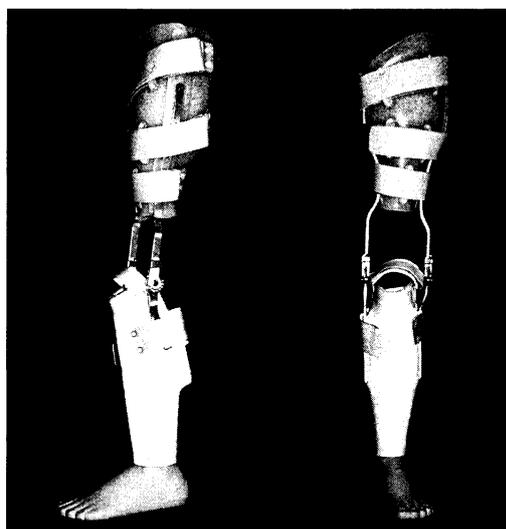


図 3 坐骨支持つき長下肢装具

装具は総重量 1.9 kg となり、更新前に比べ軽量化を図ることができた (図 4 c)。

### (2) 装具療法

術後 16 週より坐骨支持つき長下肢装具を用いた平行棒内歩行練習を開始し、術後 22 週より両松葉杖歩行練習を追加実施した。術後 24 週より T 字杖歩行・日常生活活動練習を開始し、術後 28 週で自宅退院となった。退院時には T 字杖を用いて、10 m を 14 秒 18 歩で歩行することが可能となった。術後 14 ヶ月で T 字杖を除去し独歩を開始した。骨接合部の骨癒合が完了した術後 1 年 8 ヶ月で、長下肢装具の坐骨支持部を切除し、術後 3 年 11 ヶ月で長下肢装具を更新した (図 5 ab)。術後 4 年経過時の歩行能力は 10 m 独歩 8 秒 14 歩、6 分間歩行 375 m、連続で 1 km の歩行が可能となった。また趣味のボーリングやゴルフの練習も可能となり、広範切除術を受ける以前の生活に近い日常を送れるようになった。

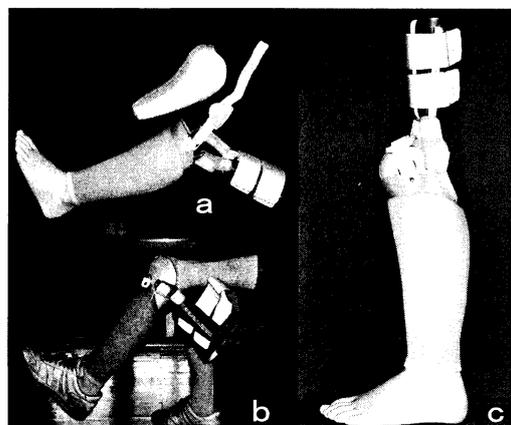


図 4 長下肢装具 (更新時)

- (a) 長下肢装具とインナーソケット
- (b) インナーソケット装着
- (c) 長下肢装具全景

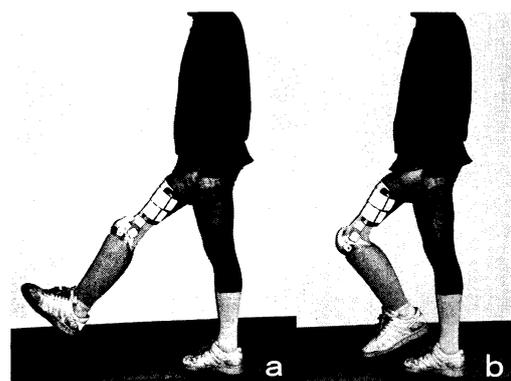


図 5 長下肢装具装着

- (a) 膝継手伸展
- (b) 膝継手屈曲

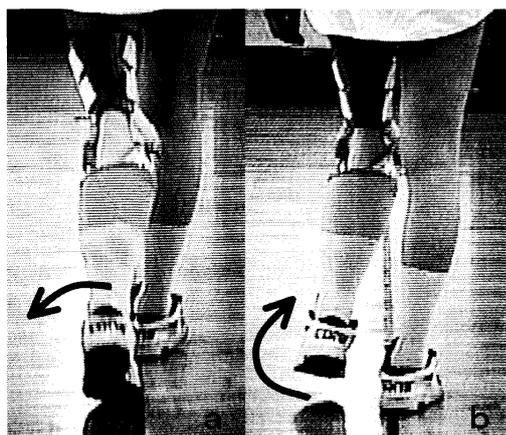


図 6 異常歩行

- (a) 踵離地の外側ウィップ  
(b) 遊脚中期の分回し

### (3) 異常歩行の推移

T 字杖歩行練習を開始した術後 24 週で外転歩行が認められた。外転歩行出現当時の股関節周囲の筋力は Fair<sup>+</sup> で筋力の低下を認めていた。装具装着下での振り出し・平衡運動や股関節周囲筋力の増強運動を実施し、筋力が Good<sup>+</sup> に向上した術後 9 ヶ月で外転歩行は消失した。

術後 1 年 2 ヶ月の独歩開始に伴い、歩行時体幹の側屈が出現したが、積極的な股関節筋力強化により、外転筋力が Normal となった術後 1 年 6 ヶ月で体幹の側屈も解消された。

骨癒合が完成し独歩での歩行能力が向上し始めた術後 1 年 8 ヶ月頃より、踵離地における足部の外側ウィップと遊脚中期における分回し歩行が顕在化した。この異常歩行は術後 4 年を経過した最終経過観察時においても残存していた (図 6 ab)。

## V. 考 察

悪性腫瘍の治療では術前・術後に施行される化学療法により生命予後の向上や患肢の温存が図られてきた<sup>13,14)</sup>。化学療法に伴う骨髄抑制は骨癒合を遷延化するため、腫瘍切除後反転した足部を再結合する本法は、二次的な機能低下を招きやすい術式といえる。本症例も骨癒合が完成するまでに 1 年 6 ヶ月を要し、術後機能獲得の長期化を指摘する Anthony<sup>7)</sup> と同様の経過を示した。骨接合部の安静が余儀なくされる期間は、積極的な理学療法の介入が困難となり、股関節の機能回復には長期間が必要となる。本症例では術後の約 4 ヶ月間は股関節に対する積極的な関節可動域運動・筋力増強運動は禁忌とされていた。そのため股関節

の筋力が Normal まで回復し独歩が安定するまでに約 2 年の期間を要することになった。しかし運動療法開始当初 Poor<sup>+</sup> ~ Fair<sup>-</sup> であった股関節周囲筋の筋力も、継続的な理学療法の実施で Normal まで回復することが可能であったため、術後理学療法では、骨接合部の癒合状況に応じた運動療法・装具療法両面からの長期的な介入が重要と考えられた。

膝 rotation plasty は再建した足関節の底・背屈運動を膝継手の伸展・屈曲として機能させることが最大の利点となる。膝の代替となる足関節の可動域が、膝継手の可動性を直接反映するため、足関節可動域維持・拡大は運動療法初期における重要な治療目標となる。本症例では術後 3 週目より足関節可動域運動を開始し、術後 6 ヶ月で背屈 20°、底屈 70° に拡大したが、それ以降可動域に変化は得られなかった。ただし前足部の屈曲方向における柔軟性を高めたことで足全体として 90° 近い底屈域を獲得することが可能となった。よって足部に対する運動療法は、足関節の可動域拡大を目指すだけでなく、足趾を含めた足全体の柔軟性を高めるアプローチが重要といえる。

膝 rotation plasty では、装具による円滑な歩行を実現するため、再建肢の可動域や筋力と共に、足関節を膝関節として機能させるための制御機構の獲得が重要となる。本症例では筋再教育運動で足関節の運動を膝の運動感覚として認識されるまでに 20 週を必要とした。しかし獲得された運動感覚も、長下肢装具を装着した場合にのみに限られ、装具を外すと膝の運動感覚は消失していた。これらの現象は、20 週以降も継続し、最終評価時の術後 4 年においても同様の結果を示した。先行研究<sup>15)</sup>では装具療法を開始した 1 ヶ月以内に筋制御機構に関する中枢性の switching が獲得され、6 ヶ月で自然な歩行ができると報告されているが、筋制御機構獲得の原理までは示されていない。装具装着下での筋制御が良好であっても、再建された足が膝として十分認識されていない可能性のあることを考慮に入れ、筋再教育運動や機能評価を行う必要があると考えられた。同制御機構の獲得過程に関しては、切除部位・再建部位と体性感覚野との関連性など神経心理学的な検証を待たれるところではあるが、筋再教育運動では積極的に装具を活用し、効率よく運動学習することが効果的といえる。

歩行練習中に認められた異常歩行では、装具の振出練習や股関節周囲筋の筋力強化により改善を図ることが可能であった。ただし歩行能力の向上と共に出現した足部の外側ウィップと分回しは、改善には至らなか

った。先行研究<sup>1)</sup>では技術的に再建下腿部が内旋位に接合されやすく内旋歩行を呈した報告もあり、本症例で認められた現象に近い異常歩行が報告されている。本症例の足部の運動軸は進行方向に対し5°内旋位を呈し、前額面上で15°の外反位を呈している。運動学的には足関節背屈で前足部の外反と外転が、底屈では前足部の内反と内転が距骨下関節で出現する。本来の膝関節が示す生理的な1軸運動とは異なり、足関節で再建した膝関節では底・背屈運動時に距骨下関節での前足部のあおり運動も伴うことになる。また膝 rotation plasty による歩行では、歩行周期における素早い膝継手の切り返しと体重を支持するための強力な底屈運動が必要となる。本症例で認められた外側ウィップと分回し歩行は、再建肢のアライメントと前足部のあおり運動が原因となり、歩行スキルの向上に伴い顕在化したものと考えられた。異常歩行には言及せず良好な歩行が獲得された研究報告<sup>16)</sup>もあるが、再建肢の運動機能や、アライメントの特徴が異常歩行の原因となる可能性は否定できない。よって歩容の評価にあたっては、運動機能面および形態学的特徴を含めた慎重な原因分析を行う必要があると考えられた。

本症例は再建足部の機能に対する満足度が高く、外見的問題が起因する心理的問題は認めていない。術後4年の経過観察最終時での運動機能は1kmの連続歩行が可能となり、趣味のポーリングやゴルフの練習を楽しむことができるようになった。これらの能力は初回に行われた広範切除術後の運動機能に比べはるかに高い能力といえる。van der Windt らは<sup>17)</sup>エネルギーコスト的に他の切断術に比べ有意差は無いと報告しているが、術後に高い運動機能レベルを獲得できると報告している Alex<sup>18)</sup>らの報告と同様の結果が本症例では得られたといえる。

機能再建により高い機能が獲得される膝 rotation plasty ではあるが、機能の獲得までには長い期間が必要となる。術後理学療法にあたっては、長期的な経過観察とともに、継続的な理学療法の実施が不可欠であると考えられた。

#### 文 献

- 1) 山 信也, 檜垣昇三, 立石昭夫・他: 骨肉腫の化学療法. 臨整外 1985; 20: 1277-1284
- 2) 梅田 透, 高田典彦, 保高英二・他: 骨肉腫患肢温存例の機能評価. 整・災外 1986; 29: 893-904
- 3) Kotz R, Salzer M: Rotation-plasty for childhood osteosar-

- coma of the distal part of the femur. J Bone Joint Surg 1982; 64 A: 959-969
- 4) F Gottsauner-Wolf, R Kotz, K Knahr, H Kristen, et al.: Rotationplasty for limb salvage in the treatment of malignant tumors at the knee. A follow-up study of seventy patients. J Bone Joint Surg Am 1991; 73: 1365-1375
- 5) MP Murray, PA Jacobs, DR Gore et al.: Functional Performance after Tibial Rotationplasty. J Bone Joint Surg Am 1985; 67: 392-399
- 6) 田口真紀, 半澤直美, 鈴木明子・他: 患肢温存的回転形成術 (rotationplasty) の2症例の医学的リハビリテーション: 装具処方について. 日本義肢装具学会誌 1994; 10: 37-42
- 7) ANTHONY de BARI, J. IVAN KRAJBICH, FRED LANGER, et al.: Modified Van Nes Rotationplasty for osteosarcoma of the proximal tibia in children. J Bone Joint Surg [Br] 1990; 72-B: 1065-1069
- 8) 武内章二: 骨腫瘍の手術 臨床整形外科手術全書 第4巻 骨・軟部腫瘍, 切断. 古屋光太郎, 大井淑夫編, 金原出版, 東京, 1994, pp 107-109
- 9) 栢森良二, 滝野勝昭, 三上真弘: 下腿切断者リハビリテーション. 三上真弘 編, 医歯薬出版, 東京, 2005, pp 29-31
- 10) 井上 治, 茨木邦夫: 下肢の悪性腫瘍などにおける Rotation-plasty (患肢温存的回転形成術) の経験. 臨整外 1989; 24: 245-252
- 11) 井上 治: 切・離断術にかわる患肢温存手術としての Rotation-plasty 《患肢温存的回転形成術》. 別冊整形外科 1990; 17: 151-156
- 12) 井上 治, 茨木邦夫, 新垣宜貞・他: 当科における Rotation-plasty (患肢温存的回転形成術) の適応と術後機能. 日整会誌 1989; 63: S 117
- 13) Mark C. Gebhardt: What's New in Musculoskeletal Oncology. J Bone Joint Surg Am 2002; 84: 694-701
- 14) MA Simon: Limb salvage for osteosarcoma. J Bone Joint Surg Am 1988; 70: 307-310.
- 15) 井上 治: 切断と Rotation plasty 図説整形外科診断治療講座 第11巻 骨・軟部腫瘍 室田景久, 白井康正, 桜井 実 編, メジカルビュー社, 東京, 1990, pp 176-195
- 16) Akire Kawai, Masanori Hamod, Shinsuke Sugihara, et al.: Rotationplasty for patients with osteosarcoma around the knee joint. Acta Medica Okayama 1995; 49: 221-226
- 17) D A van der Windt, I Pieterse, J W van der Eijken et al.: Energy expenditure during walking in subjects with tibial rotationplasty, above-knee amputation, or hip disarticulation. Arch Phy Med Rehabil 1992; 73: 1174-1180
- 18) Axel Hillmann, Roger Weist, Albert Fromme et al.: Sports Activities and Endurance Capacity of Bone Tumor Patients After Rotationplasty. Arch Phy Med Rehabil 2007; 88: 885-890