

*Ulmer M., Burgkart R., Rechl H., Gradinger R., Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar, München*

28. August 2004

---

## Operative Behandlungstrategie bei Weichteilsarkomen

### *Diagnostik und Chirurgie*

**Die aktuellen Therapiestrategien in der Behandlung von Weichteilsarkomen unterscheiden sich in den Grundzügen nicht von den Behandlungsstrategien und der Diagnostik der malignen Knochentumoren. Voraussetzung für die erfolgreiche operative Behandlung von Weichteilsarkomen ist eine exakte präoperative Planung und die interdisziplinäre Kooperation der verschiedenen Fachdisziplinen unter Beachtung international erarbeiteter Operationsstandards und multimodaler Behandlungskonzepte. Wichtig und oftmals entscheidend für den Therapieerfolg ist hierbei, dass die Behandlung bereits mit der Diagnostik in einem geeigneten Tumorzentrum beginnt und nicht erst nach erfolgter Biopsie bzw. unvollständiger Tumorentfernung.**

Die Schwierigkeiten bei der Standardisierung und der Kategorisierung der Weichteilsarkome sind zum einen bedingt durch die große Variabilität und divergente Differenzierung und zum anderen durch geringe Erfahrung auf Grund der niedrigen Inzidenz dieser Entität. Weichteilsarkome leiten sich überwiegend vom Mesoderm ab. Die Ursprungs-Stammzelle – also die histogenetische Zuordnung – bleibt jedoch oftmals ungeklärt, sodass die Klassifikation auf dem jeweils erkennbaren bzw. dominierenden Phänotyp basiert.

Während benigne Weichteiltumore wie z.B. das Lipom oder Fibrom sehr häufig auftreten, sind die malignen Weichteiltumore mit einer Häufigkeit von nur 1% aller Malignome bei Erwachsenen sehr selten. Die Inzidenz liegt weltweit bei etwa 2-4 Erkrankungsfälle pro 100.000 Einwohner pro Jahr. Generell ist dabei ein Auftreten von der Geburt bis ins hohe Alter möglich. Die häufigsten malignen Weichteiltumore sind in unserem Patientengut das Liposarkom (24%), das maligne fibröse Histiozytom (22%), und das synoviale Sarkom (15%). Etwa 40% entstehen an der unteren Extremität, 30% am Körperstamm, und jeweils 15% an der oberen Extremität und im Kopf-Hals-Bereich. Die gebräuchlichste internationale Einteilung der Weichteiltumore ist die TNM-Klassifikation. Für den klinischen Alltag und aus chirurgischer Sicht ist jedoch die Einteilung nach Enneking mit der Unterscheidung zwischen einem sog. intra- bzw. extrakompartimentellen Tumorwachstum bedeutsam (1). Als Kompartiment werden dabei anatomische Strukturen oder Körperräume verstanden, die der Tumorexpansion natürliche Grenzen entgegensetzen. Überschreitet ein Tumor seinen ursprünglichen Entstehungsort und wächst z.B. durch eine Faszie hindurch, so liegt er extrakompartimentell. Von vornherein als extrakompartimentell liegt ein Tumor, wenn er entlang den Gefäßen und Nerven wächst oder z.B. in der Kniekehle (Abb. 1) bzw.

intrapelvin entsteht. Die Enneking-Einteilung dient der klinischen Entscheidungsfindung bei der Therapieplanung im Sinne der Resektionsgrenzen.

## **Prognosekriterien**

Die 5-Jahres-Überlebensrate von Patienten mit Sarkomen liegt nach Angabe Russels (1977) bei niedrigmalignen (G1) Tumoren bei 75%, bei mittelgradig differenzierten (G2) bei 56% und bei hochmalignen (G3) Tumoren bei 26% (2). Die wichtigsten Kriterien für die Prognosebeurteilung sind somit ein hoher Malignitätsgrad, eine Tumorgöße > 5 cm, die Metastasierung in Lunge und/oder Lymphknoten (selten), ein ungünstiger Tumorsitz bzw. Tumorausdehnung z.B. im Körperstamm oder stammnah, eine nicht radikal durchgeführte Tumorentfernung und das Lokalrezidiv.

0 1

## **Klinik und Diagnostik**

Primärsymptom bei Weichteiltumoren ist die Schwellung, die bei nur etwa 20-30% der Patienten zu lokalen oder fortgeleiteten Schmerzen führt. Gerade in Körperhöhlen werden diese Geschwülste im allgemeinen erst sehr spät durch lokale Schmerzen oder Symptome, welche durch die ausbreitende Tumorexpanansion entstehen, bemerkt. Die Frühdiagnose ist durch diesen häufig langen symptomfreien Verlauf erheblich erschwert. Bei subfascialer oder retroperitonealer Lage können Weichteiltumore bis zur Diagnosestellung somit eine beträchtliche Größe erreichen. Gerade die unspezifischen Anfangssymptome des Patienten und die häufig geringe Erfahrung der Erstbehandler bei vergleichsweise niedrigen Inzidenzraten machen eine gezielte Stufendiagnostik in einem entsprechendem Tumorzentrum nötig (3).

Sowohl für den Nachweis als auch für die Ausbreitungsdiagnostik ist die Magnetresonanztomographie (MRT) das bildgebende Verfahren der Wahl. Die MRT sollte in mindestens 2 Schichtebenen durchgeführt werden. Erstens eine axiale Schichtung und zweitens eine longitudinale Schichtung (coronar und/oder sagittal). Eine T1-gewichtete Sequenz in der Längsachse des betroffenen Kompartiments sollte zur genauen Beurteilung der longitudinalen Ausdehnung und der Erkennung von skip-lesions durchgeführt werden. In mindestens einer Schichtebene sollten T1- und T2-gewichtete Sequenzen nativ sowie eine T1-gewichtete Sequenz nach Gabe von Gadolinium durchgeführt werden. Durch die MRT kann die Ausdehnung des Tumors, die Lagebeziehung zu benachbarten Strukturen wie Muskulatur, Gefäße und Nerven und die Beteiligung der einzelnen Kompartimente festgelegt werden. Weiterhin kann zwischen vitalen und nekrotischen Tumoranteilen unterschieden werden, was für die geplante Probebiopsie von Bedeutung ist. Es gilt ausdrücklich zu beachten, dass bei der longitudinalen Schichtung die gesamte Tumorausdehnung (einschließlich des betroffenen Kompartiments und der angrenzenden Gelenke) dargestellt wird, um die chirurgischen Optionen planen zu können. Weiterhin gilt zu beachten, dass die MRT vor der geplanten Probebiopsie zu erfolgen hat, damit die postoperativ bedingten Veränderungen im MRT (Serom, Narbe, etc.) vermieden werden können. Auch im Falle einer post-operativ geplanten Radiatio ist die exakte Bestimmung des Zielvolumens und der Tumorgrenze mittels präoperativer MRT wichtig.

Obwohl Weichteilsarkome selten im Nativröntgen durch Kalkeinlagerungen oder Dichteunterschiede direkt darstellbar sind, sollte zum Ausschluss einer knöchernen Mitbeteiligung das native Röntgen der benachbarten Knochenstrukturen in zwei Ebenen erfolgen.

Die Computer-Tomographie (CT) ist für die Beurteilung knöcherner Strukturen bei destruierenden Prozessen v.a. im Bereich der Wirbelsäule und des Beckens bedeutsam. Die Angiographie kann notwendig werden bei angiomatösen Tumoren, der Abgrenzung gefäßnaher Tumoren, der Durchführung einer präoperativ geplanten Embolisation oder bei geplanten gefäßchirurgischen Rekonstruktionen. Durch die modernen MRT- bzw. CT-Verfahren (Abb. 2) lassen sich jedoch auch hier hinsichtlich der Tumorgefäßversorgung immer detailliertere Aussagen treffen, sodass die konventionelle Angiographie mehr und mehr Einzelfällen vorbehalten bleibt. 2

Neuere Verfahren wie die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) eröffnen die Möglichkeit, die Stoffwechselaktivitäten des Tumorgewebes zu erfassen. Diese Untersuchung wird zunehmend zur Rezidivfrüherkennung und als wertvolle Untersuchung, um Metastasen auch an ungewöhnlichen Lokalisationen (z.B. subcutan) erkennen zu können, eingesetzt (4). Zur Beurteilung einer möglichen Fernmetastasierung kommen zusätzlich Röntgen-Thorax, CT-Thorax-Abdomen-Becken und die Sonographie zur Anwendung.

### **Die Probebiopsie**

Die Probebiopsie (PE) ist die wichtigste diagnostische Maßnahme bei der Abklärung von Weichteiltumoren. Sie kann sowohl offen als auch geschlossen durchgeführt werden. Sie sollte auf jeden Fall bereits in der Klinik durchgeführt werden, in welcher auch die weitere Therapie entschieden wird. Ziel der Biopsie ist es, ein repräsentatives und vitales Tumorgewebe zur Sicherung sowohl der Dignität als auch der Artdiagnose des Tumors zu gewinnen.

Die Methode der Wahl ist die offene Biopsie. Der Vorteil der offenen Biopsie liegt in der höheren diagnostischen Treffsicherheit bezüglich der Artdiagnose des Tumors mit histologischem Grading durch Gewinnung von ausreichend repräsentativem vitalem Tumorgewebe (5).

Die geschlossene Biopsie mittels Feinnadelaspiration bleibt Tumoren vorbehalten, die histologisch leicht zu diagnostizieren sind und bei denen bereits während der präoperativen Abklärung mit hoher Wahrscheinlichkeit die Diagnose gestellt werden kann. Dies kann zum Beispiel zum Nachweis von Lokalrezidiven bei Weichteiltumoren sein. Hilfreich kann diese Methode ebenfalls in Einzelfällen bei Tumoren im Bereich des Beckens, der Wirbelsäule bzw. Retroperitoneums sein, bei denen die Sonographie- bzw. CT- gesteuerte Feinnadelbiopsie die Notwendigkeit eines ausgedehnten offenen Zugangs vermeiden kann. Es ist darauf hinzuweisen, dass die nicht fachgerechte Durchführung der Probebiopsie für den Patienten gravierend sein kann und fatale Konsequenzen nach sich ziehen kann. So kann durch die falsche Platzierung des operativen Zuganges, durch Entstehen eines postoperativen Hämatoms oder einer pathologischen Fraktur die geplante operative Rekonstruktion unmöglich werden. Die Amputation einer Extremität kann dann in Einzelfällen indiziert sein. In einer Studie zur Biopsie traten bis zu 20% biopsiebezogene Komplikationen mit negativer Auswirkung auf das Ergebnis und die Prognose auf. Mehr als 2/3 der Biopsien waren in einem nicht onkologischen Zentrum durchgeführt worden (6).

Folgende Punkte gilt es bei der Biopsie zu beachten:

1. Durchführung in einem geeigneten Tumorzentrum
2. Feinnadelbiopsien sollten schwer zugänglichen Tumoren vorbehalten bleiben
3. Der Zugang muss unter Berücksichtigung der endgültigen operativen Versorgung erfolgen
4. Möglichst keine Verwendung scharfer Haken
5. Subtile und exakte Blutstillung
6. Tiefgreifende Umstechungen vermeiden

7. Biopsieentnahme aus einem vitalen Tumorareal (prä-operatives MRT!)
8. Drainage falls erforderlich im Wundwinkel oder in Verlängerung der Inzision distal ableiten
9. Entnahme eines Abstrichpräparates bei Infektverdacht
10. Direkter Zugang zum Tumor ohne Kontamination zusätzlicher Kompartimente, intermuskulärer Septen, Gelenke bzw. neuro-vaskulärer Strukturen.

Abgeschlossen ist die diagnostische Phase nach erfolgter interdisziplinärer Zusammenschau aller Befunde mit den Kollegen der internistischen Onkologie (einschließlich Kinderonkologie), Radiologie, Radioonkologie und in Einzelfällen auch mit den Kollegen der chirurgischen Fachbereiche: Plastische Chirurgie, Gefäß-Thorax-Abdominal-Chirurgie.

Nachfolgende Punkte sollten in der Tumorkonferenz diskutiert und beantwortet sein:

1. Welche Art von Tumor liegt vor: Dignität, Artdiagnose und Grading?
2. Welches lokales Ausbreitungsmuster zeigt der Tumor (Gefäße, Nerven etc.)?
3. Aktuelles Staging (Fernmetastasierung?)
4. Kurativer – palliativer Therapieansatz?
5. Ist eine Strahlen-Chemotherapie indiziert, wenn ja: welcher Ort, welche Dauer, welche Art (prä-intra-postoperativ/adjutant-neoadjuvant/lokale Hyperthermie)?
6. Welches Operationsverfahren ist geplant?
7. Welche Konsequenzen (Morbidität, Funktionsverlust) ergeben sich hieraus für den Patienten?
8. Ist der Patient aufgeklärt und mit dem Therapieregime einverstanden?

Operative Therapie der Weichteilsarkome

Entscheidend für das operative Vorgehen ist die o.g. diagnostische Phase, in welcher der Operateur bereits frühzeitig die wichtigen Informationen zur Entscheidungshilfe hinsichtlich der operativen Möglichkeiten erhält. Geklärt werden muss, ob die Resektion des Weichteiltumors mit dem Ziel der lokalen Tumorkontrolle unter Erhalt einer funktionstüchtigen Extremität im Sinne des limb salvage erfolgen kann oder ob durch Tumordinfiltration in Gefäße, Nerven bzw. dem Vorhandensein eines knöchernen Defektes ein ausgedehnteres Vorgehen zu erfolgen hat. Während die meisten Weichteilsarkome im Sinne des limb salvage mit einer weiten Resektion adäquat und ausreichend operiert werden können, stellen die extrakompartimentell gelegenen Tumoren wie z.B. in der Kniekehle mit nahem Bezug zu Gefäßen und Nerven bzw. am Übergang zum Körperstamm besondere operationstechnische Anforderungen (Tabelle 1). In Einzelfällen kann beim palliativen Therapieansatz auch die intraläsionale Tumorresektion im Sinne eines Tumordebulking indiziert sein (7). 3

### **Limb salvage**

Werden die gutartigen Weichteiltumore meistens mit einer marginalen Resektion adäquat versorgt, muss die chirurgische Therapie der Weichteilsarkome mit kurativem Ansatz mindestens aus einer weiten Resektion bestehen. Dabei ist wichtig zu wissen, dass die Weichteilsarkome oft von einer Pseudo-Kapsel umgeben sind und daher wie gutartige Tumore imponieren können. Die Kapsel besteht jedoch histologisch aus Tumorgewebe. Die weite Resektion setzt die Entfernung des Tumors allseits im Gesunden voraus. Der Tumor muss hierbei in seiner ganzen Zirkumferenz von einer Manschette gesunden Gewebes umschlossen sein. PE-Narben, etwaige Drainagekanäle oder Narben von Voroperationen werden hierbei spindelförmig umschnitten und mitentfernt. Die empfohlenen Sicherheitsabstände (longitudinal 5 cm / in der Tiefe 2 cm) lassen sich gerade im Bereich vitaler Strukturen wie dem Perineurium der Nerven oder der Adventitia der Gefäße nicht

durchgängig unter dem Aspekt des Funktionserhaltes einer Extremität einhalten. Da die Hüllstrukturen der Nerven und Gefäße von den Tumoren erst spät durchbrochen werden und geeignete Operationstechniken sowie die Möglichkeiten der intra- und postoperativen Strahlentherapie zur Verfügung stehen, ist die Unterschreitung der geforderten Sicherheitsabstände im Einzelfall vertretbar. 4

Infiltrieren Weichteilsarkome benachbarte Skelettanteile, müssen wenigstens das Periost und die anliegende Kortikalis mitentfernt werden (Abb. 3), ggfs. muss ein Knochensegment mitentfernt werden und eine anschließende primäre Rekonstruktion erfolgen. Welche Art von Rekonstruktionen des knöchernen Defektes herangezogen wird, hängt von der Größe und Lage des knöchernen Defektes ab. Liegt der Defekt in der Meta- bzw. Diaphyse, bietet sich in erster Linie die Versorgung mit einem autologen Fibulatransplantat an. Die autologe Fibulatransplantation kann frei oder in Zusammenarbeit mit den Gefäßchirurgen auch als gefäßgestieltes Transplantat (vaskularisiert) erfolgen. Vorteil des gefäßgestielten Fibulatransplantates ist eine signifikant höhere Überlebens- bzw. Einheilungsrate selbst im ersatzschwachen Knochenlager. Allgemeiner Nachteil der autologen Fibulatransplantation ist die mechanische Schwäche der Fibula mit erhöhter Frakturgefahr und eine lange Einheilungszeit. Eine engmaschige klinische und radiologische Verlaufskontrolle und hohe Patientencompliance ist hier erforderlich (8,9,10). 5 6

Bei Tumoreinbruch in den benachbarten Gelenkbinnenraum hat die geschlossene Gelenkresektion zu erfolgen. Die Indikation zur Versorgung kniegelenksnaher Weichteilsarkome mit einer modularen Tumorspezialprothese (Abb. 4) ist gegeben, wenn der Tumor die Epiphysenfuge destruiert oder in den Gelenkbinnenraum eingebrochen ist, der Nervus tibialis und die Gefäße nicht infiltriert sind und die Möglichkeit der Rekonstruktion einer suffizienten Streckermuskulatur gegeben ist (11). Auch bei Resektion großer Anteile des M. quadriceps femoris ist durch eine Versetzung von Beugemuskeln eine Rekonstruktion des Streckapparates noch möglich. Durch Verwendung sog. Modulare Systeme können die heutigen Tumorspezialprothesen aus Einzelbausteinen zusammengesetzt und ergänzt werden. Dies hat den enormen Vorteil, dass größere knöcherner Defekte überbrückt werden können und die später evtl. notwendigen Wechseloperationen meist ohne Knochen- bzw. Funktionsverlust durch alleinigen Wechsel der verschiedenen Einzelteile therapiert werden können. So können bei Verschleiß oder Versagen der Gelenkteile (Gleitachse, Femurkuife, Tibiaplateau) diese ausgetauscht werden ohne dass die Prothesenverankerung im Knochen gewechselt werden muss. Zusätzlich nützlich ist hier beim wachsenden Skelett die Möglichkeit der Verlängerungsoperation durch Austausch der unterschiedlich langen Zwischenmodule. Totalen Gelenkersatz mittels Allograft halten wir aufgrund der hohen Komplikationsrate (Infektion, Arthrose, Knochennekrose etc.) für nicht indiziert (12).

### **Umkehrplastik**

Infiltriert der Weichteiltumor beispielsweise die A. und V. poplitea, so kann durch die Segmentamputation im Sinne der Umdrehplastik nach Borggreve die hohe Oberschenkelamputation vermieden werden. Hierunter versteht man die Entfernung eines Segmentes einer Extremität und die Replantation des distalen Anteils an den proximalen Absetzungsrändern. In Kontinuität bleibt nur der N. Ischiadicus mit seiner Aufteilung in N. tibialis und N. peroneus. Der Unterschenkel wird nach 180° Drehung auf den prox. Oberschenkel replantiert, wodurch das Sprunggelenk zum „Kniegelenk“ wird. Vorteil dieses vor allem bei

Kindern eingesetzte Verfahren ist die im Vergleich zur hohen Oberschenkelamputation deutlich bessere Funktion mit einem endbelastbaren Stumpf. Neben der onkologischen Radikalität und Funktionalität bietet dieses Verfahren zusätzlich den Vorteil der biologischen Rekonstruktion mit Berücksichtigung des Wachstums der Extremität bei Kindern. Hauptnachteil ist der ungünstige optische Eindruck, welcher auch für die anfängliche Skepsis der Patienten verantwortlich ist.

## **Amputation**

Bei Infiltration beispielsweise der poplitealen Nerven und Gefäße bleibt bei kurativem Ansatz nur die Oberschenkelamputation. Auch wenn die radikale Resektion im Sinne der klassischen Kompartimentresektion bzw. die Amputation aufgrund verbesserter Diagnostik und multimodaler Behandlungskonzepte nur noch selten durchgeführt werden muss, so sind sie dennoch indiziert, wenn nicht mehr genügend Gewebe für den Erhalt einer funktionstüchtigen Extremität zur Verfügung steht. Dies kann der Fall sein bei Tumordinfiltration großer Nerven (N. ischiadicus), der Haut und Muskulatur, sowie bei der Gewebekontamination nach pathologischer Fraktur, inadäquater Vortherapie oder auch bei exulcerierenden Tumoren am Fuss. Die Extremitätensarkome am Übergang zum Becken stellen ebenfalls besondere operationstechnische Anforderungen dar. Infiltrieren Weichteilsarkome kleinere knöcherne Anteile des Schenkelhalses bzw. des Acetabulums, können diese oftmals mit Standardhüftendoprothesen versorgt werden, während ausgedehnte Osteolysen des proximalen Femurs bzw. Beckens mit Hilfe modularer Hüftspezialendoprothesen bzw. individuell angefertigter Beckenendoprothesen (Abb. 5) versorgt werden müssen. Die Fortschritte in der Entwicklung der Beckenendoprothetik ermöglichen heutzutage die operative Rekonstruktion und Stabilisation selbst bei ausgedehnten Knochendefekten des Beckens oder des Femurs unter Erhalt der Extremität (13,14). Voraussetzung ist hier natürlich, dass durch den erreichten Extremitätenerhalt die zu erwartende postoperative Funktion, die Lebensqualität und Mobilität des Patienten im Vergleich zu den alternativen Operationsverfahren (Externe Hemipelvektomie, Resektionsarthrodese, Verbundosteosynthese) gleich günstig oder besser ist. Obwohl durch die Amputation am leichtesten große Sicherheitsabstände zu erreichen sind, kann es auch hier bei insuffizienter präoperativer Planung zu einer intraläsional durchgeführten Amputation kommen.

## **Zusammenfassung**

Die vollständige operative Tumorentfernung ist die wichtigste Maßnahme zur lokalen Tumorkontrolle beim kurativen Therapieansatz der Weichteilsarkome. Multimodale Behandlungskonzepte und die verbesserten adjuvanten Therapiemodalitäten mit einer stetig zunehmenden Überlebenszeit der Patienten sowie die Entwicklungen der diagnostischen und operativen Techniken ermöglichen heutzutage bei den meisten malignen Weichteiltumoren ein extremitätenerhaltendes operatives Vorgehen ohne dabei die Gesamtprognose des Patienten einzuschränken. Vor allem die extra-kompartimentell gelegenen Weichteiltumore im Bereich der Kniekehle und am Übergang zum Körperstamm stellen höchste Ansprüche an die behandelnde Klinik. Entscheidend für den Therapieerfolg ist die möglichst frühzeitig, parallel begonnene und abgestimmte Diagnostik in einem geeigneten Tumorzentrum. Die fälschlicherweise unter der Verdachtsdiagnose eines benignen Tumors intraläsional bzw. marginal resezierten malignen Weichteiltumore, sollten immer in einem geeigneten Tumorzentrum nachreseziert werden. Die Strahlen- bzw. die Chemotherapie kann grundsätzlich mangelnde Radikalität oder eine fehlerhafte Operationstechnik nicht kompensieren.

1) Enneking WF, Spanier SS, Goodman MA

*A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma.*

*Clin Orthop* 153: 106-120 ( 1980 )

2) Russel WO, Cohen J, Enzinger F, Hajdsu SI, Heise H, Martin RG, Meissner W, Miller WT, Suit HD

*A clinical and pathological staging system for soft tissue sarcomas.*

*Cancer* 40: 1562-1570 ( 1977 )

3) Burgkart R, Schelter R, Rechl H, Gerhardt P, Hipp E

*Epidemiologie und diagnostische Strategie*

*In: Hipp E, Plötz W, Burgkart R, Schelter R ( eds ): Limb salvage*

*W. Zuckschwerdt Verlag: 10-18 (1998 )*

4) Dobrowolskij D, Niggemeyer O, Jenicke L, Bruns J

*Stellenwert der F-18-FDG-Positronenemissionstomographie in der Diagnostik und Therapiekontrolle von Knochen- und Weichteiltumoren*

*Orthopäde* 31: 921-929 ( 2002 )

5) Kricbergs A, Bauer HCF, Brosjö O, Lindholm J, Skoog L, Söderlund V

*Cytological diagnosis of bone tumors*

*J Bone Joint Surgery* 78-B: 258-263 ( 1996 )

6) Mankin HJ, Mankin CJ, Simon MA

*The hazards of biopsy, revisited*

*J Bone Joint Surgery* 78A: 656-663 ( 1996 )

7) Gradinger R, Rechl H, Ascherl R, Plötz W, Hipp E

*Endoprothetischer Teilersatz des Becken bei malignen Tumoren*

*Orthopäde* 22: 167-173 ( 1993 )

8) Weiland AJ, Daniel RK, Reley LH

*Vascularised free bone transplants*

*J Bone Joint Surgery* 63-A: 166-169 ( 1981 )

9) Wood MB

*Free vascularised bone transfers for nonunions, segmental gaps and following tumor resection.*

*Orthopedics* 9: 810-816 ( 1986 )

10) Hsu RW-W, Wood MB, Sim FH, Chao EYS

*Free vascularised fibular grafting for reconstruction after tumour resection*

*J Bone Joint Surgery* 79-B: 36-42 ( 1997 )

11) Plötz W, Burgkart R, Schelter R, Rechl H, Messmer C, Hipp E

*In: Hipp E, Plötz W, Burgkart R, Schelter R ( eds ): Limb salvage*

*W. Zuckschwerdt Verlag: 91-100 (1998 )*

12) Vlasak R, Neel M, Nelson T, Enneking W, Scarborough M

*Distal femoral osteoarticular allografts used for limb salvage after resection of tumors about the knee*  
*ISOLS, Abstract book 122 ( 1995 )*

13) Grading R, Hipp E

*A custom-made adaptable pelvic prosthesis*

*In: Yamamuro T ( ed ) New developments for limb salvage in musculoskeletal tumors.*

*Kyocera Orthopaedic Symposium Kyoto*

*Springer, Berlin, Heidelberg, New York: 475-479 ( 1989 )*

14) Rechl H, Ascherl R, Grading R, Hipp E

*Spezialprothesen für primäre und sekundäre Knochentumoren der unteren Extremität*

*Hefte Unfallchirurgie 232: 229 ( 1993 )*