

皮膚穿通枝の部位を確認し、マーキングしておく。穿通枝が確認されない場合は、皮弁への良好な血行が得られないことがあるため、前腕皮弁などとの併用、あるいは肩甲骨皮弁などへの変更を考えた方がよい。われわれは、侵襲の大きさを考慮して術前の血管造影を行っていないが、ドップラーによる穿通枝の確認ができれば、ほとんどの症例で安全に腓骨・骨皮弁を挙上できると考えている。

## 2. 手術手技

### 1) 腓骨・骨皮弁採取部の準備

腓骨・骨皮弁の利点の一つに、皮弁の挙上を仰臥位で、下顎の手術と同時進行に行えるという点が挙げられる。このため、下顎の術野の準備と同時に下腿の準備も行う。腓骨動静脈の皮膚穿通枝は、腓骨の内後方から腓骨後方を回って皮膚に向かって筋間中隔を穿通してくるので、腓骨の後面を見やすい体位を確保する。具体的には、まず、腰部に枕を置き、少し体幹を傾かせ、ターニケットを装着したうえで、下肢全体の消毒を行う。次に、股関節を内転させ、膝関節に滅菌布を挟み、屈曲させる。

皮弁の挙上は、皮膚、軟部組織、骨の欠損量が大体把握できれば、腫瘍切除の終了を待たずに開始する。そして、腫瘍切除が終了した段階で移植床側の準備を行う。

### 2) 移植床の準備

まず、移植床血管の準備を行うが、腓骨・骨皮弁の血管柄は短いため、上甲状腺動脈、舌動脈など頸部上方の動脈を用いることがほとんどである。腓骨動脈はこれらの血管と比較して太いことが多いので、それに見合う血管を選択する。放射線照射後の二次再建などで、瘢痕組織により候補となる移植床血管が細くなっているような場合は、外頸動脈へ直接、端側吻合することも考慮する。静脈に関しては、われわれは内頸静脈に端側吻合する

方法を好んで行っている<sup>12)</sup>。次に、皮弁を縫着する予定の粘膜部分の縫い代を確保する。切除の際に粘膜が大きく裂けている場合は、裂けた部分を先に縫合しておくが、裂けている部分が小さい場合はトリミングを行い、皮弁を差し込んで、できるだけ3点縫合を避けるようにした方がよい。また、残存する歯肉粘膜と皮弁との縫合部（特に前歯部）は、一番瘻孔を形成しやすい部位であるので、皮弁を縫着できるしっかりとした歯肉粘膜を確保しておく。

### 3) 腓骨・骨皮弁の挙上

皮弁挙上に際しては、腓骨周囲の神経、血管、筋肉組織などを含めた断面図をイメージすることがまず重要である（図1）。腓骨体の断面は、前縁、後縁、内側稜を頂点とする三角形をなしているため、それぞれの頂点の間に存在する組織を分けて覚えておけばイメージしやすい。また、どの皮膚穿通枝を取り込んで皮弁を作成するかも重要である。近位の腓骨頭から、腓骨長の1/2より遠位で2/3より近位に比較的太い穿通枝があることが多く、腓骨との位置関係もよいため、われわれはこの穿通枝を利用するようにしている。皮弁の挙上は、まず、ドップラーによる穿通枝のマーキングポイントを中心に、欠損範囲に合わせて皮弁部分のデザインを行うことから始める。下顎の高さと腓骨の径はかなり違うため、皮弁が口腔内で少し沈み込んで腓骨に接着する方が死腔の形成が少ない。このため皮弁の大きさは、欠損部より少し大きめにデザインすることが大切である。この際、ドップラーによる穿通枝のマーキングポイントがずれていることも考慮に入れて、腓骨を採取するためのデザインを、皮弁部分のカーブをそのまま緩やかな波形に頭側、尾側に延長して行う（図2）。

皮弁の皮切の始まりは、前方からでも後方からでもよいが、皮切が筋膜に達したら、筋

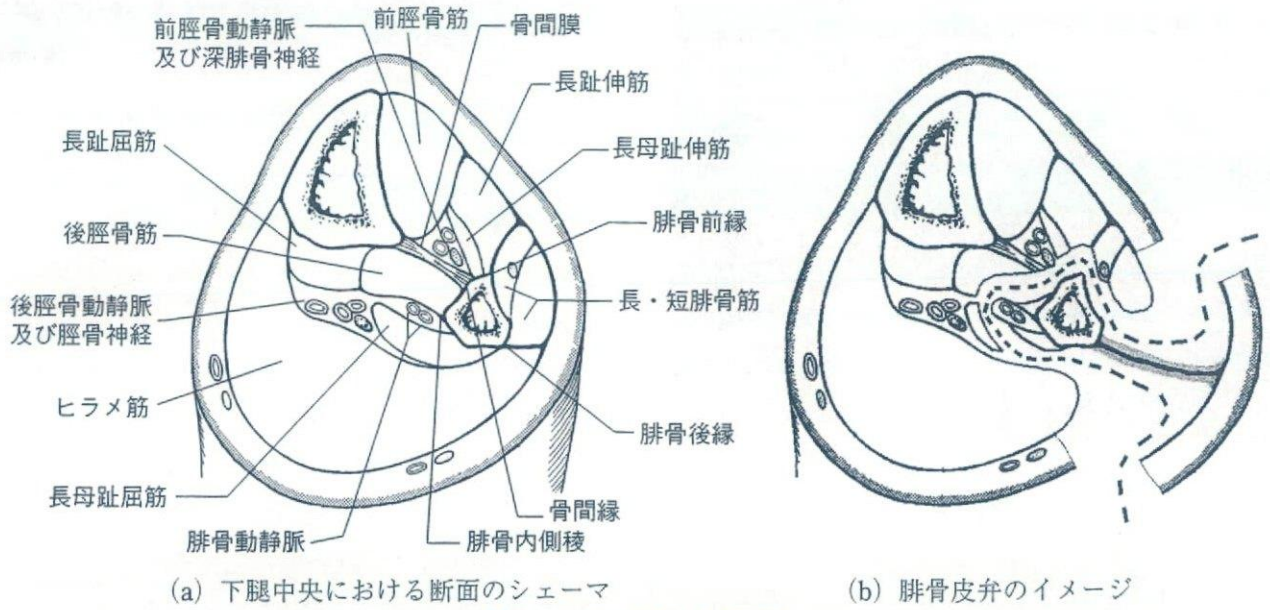
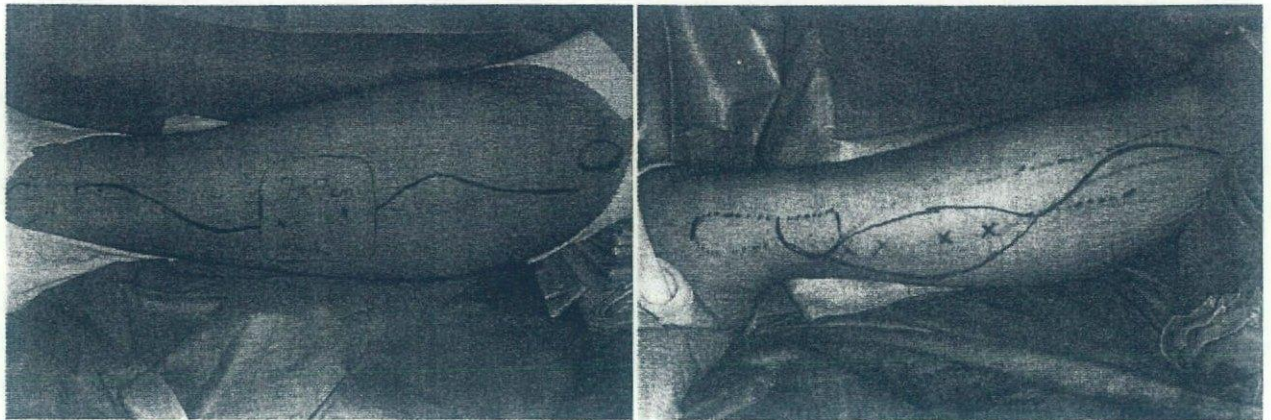


図1 下腿中央部での断面



(a) このデザインのまま、皮弁部分の切開を行うと 穿通枝の位置がずれていた場合に対応できない。  
 (b) このようにデザインすれば穿通枝の位置がずれていても対応できる。

図2 腓骨皮弁のデザイン

膜下に下腿後筋間中隔に向かって剥離を進める。筋間中隔に達するまでは筋膜上を剥離するとの報告も多いが<sup>13)</sup>、筋膜下で剥離した方が筋膜上の血管網を確保できるため皮弁の血行はより安定すると思われる。筋間中隔付近で穿通枝が確認できたらそれに合わせて皮島のデザインをもう一度見直す。皮弁の全周を切開、剥離し、腓骨に向かってヒラメ筋と長腓骨筋の間で穿通枝を含めた筋間中隔をできるだけ皮弁に取り込むようにして剥離を進める(図3)。また、穿通枝がヒラメ筋などの筋

体内を通っている時は、少量の筋体をつけたまま剥離する方が安全である。穿通枝が腓骨後縁の後方から立ち上がるところまで剥離できたら腓骨の処理に移る。

腓骨の上下端に向けてゆるやかなS字状に皮切を伸ばすが、腓骨頭近くでは総腓骨神経を損傷しないように注意する。腓骨はまず後縁から前縁にかけて長・短腓骨筋の剥離を行う。重要組織はないため電気メスを用いてもよい。次に、前縁を乗り越えて骨間縁にかけて腓骨骨膜上を剥離するが、ここは視野が狭

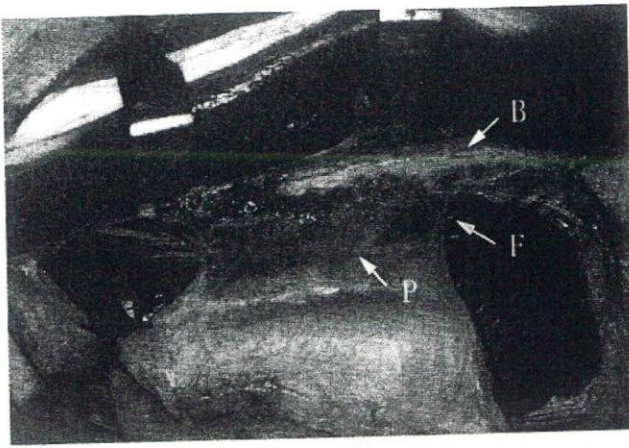


図3 腓骨皮弁の挙上

穿通枝を含めた筋間中隔を皮弁に取り込んで挙上する。

B；腓骨，F；筋間中隔，P；穿通枝

く、前脛骨動静脈、深腓骨神経を損傷する可能性があるので剥離子、剪刀を用いて注意深く剥離を行う。骨間縁までの剥離を終了後、骨切りを行う。骨切りを行う場所は骨の必要量とは関係なく、腓骨と腓骨動静脈の間が少し離れている上下端より5 cmほどの位置とする。腓骨頭、および腓骨の下端を栄養しているのは腓骨動脈ではなく、骨端動脈であるとされており<sup>14)</sup>、また、上端の脛腓関節、および下端の脛腓靭帯結合を損傷しないために、上下端から約5 cmは腓骨を温存することが必要である。骨切りは、骨膜下に腓骨を全周性に剥離後、細い腸ペラなどを後面に置いてサージカルソーを用いて行えば、腓骨動静脈を損傷する危険性はない。

骨切り後、切断した腓骨の末梢端に単鉤をかけて外側に引っ張りながら、末梢側より骨間膜の切離を進める。骨間膜を少し切離したところで腓骨動静脈の末梢側が確認できるのでここで結紮を行う。骨間膜の切離が終了したら、腓骨に沿って走行する腓骨動静脈が確認できるので、これを損傷しないように後脛骨筋と長母趾屈筋を切離する。この際、下顎の軟部組織欠損量に応じて、長母趾屈筋の一部を腓骨に付着させることにより、死腔の形成を減らすことができる<sup>15)</sup>。

最後に腓骨動静脈を中枢側に剥離するが、腓骨動静脈は必ずしも後脛骨動静脈から分岐しているとは限らず、前脛骨動静脈から分岐する場合などがあるため、それらの主要動静脈を損傷しないように注意する。皮弁挙上を終了したらターニケットを解除し、骨断端および皮弁よりの出血を確認する。この段階で皮弁部分の血行が不安定であると認められるようであれば迷わず前腕皮弁などほかの皮弁との連合を考える。これはかなりの確率で起こり得るので、われわれは術前のインフォームドコンセントでほかの皮弁を利用する可能性があることを必ず説明している。

#### 4) 移植骨の成形(彎曲)

骨・骨皮弁の虚血時間が延長しないように、血管柄を切断する前に移植床側で骨の彎曲を行う方法が過去より報告されてきた<sup>16)</sup>。この方法は経験豊かな術者がテンプレートを用いて行えば有用であるが、血管茎との関係が必ずしも予想通りにいかないことも多いため、最近では、われわれは移植骨の成形は骨・骨皮弁の採取後に行っている。再建の際には、まず、採取した腓骨・骨皮弁を下顎にあてがい、必要な骨の長さ、血管柄と移植床血管の位置を確認する。余剰な骨は切除するが、血管柄をできるだけ長く確保するために、腓骨動静脈を中枢側より腓骨骨膜下に剥離した後に、腓骨中枢側を切除する。次に、欠損部の彎曲に合わせて骨切りを行うが、過去の報告では腓骨の一部をくさび形に切除して彎曲させてミニプレート固定をする方法が一般的である<sup>7)17)</sup>。理想的にはこの方が望ましいが、骨切りを行う内彎側に丁度血管茎が走行している場合は、血管柄を損傷する可能性がある。このような場合、われわれは、反対側である外彎側を骨切りし、ここにくさび形の遊離骨をはめ込んで彎曲させ、ミニプレート固定をする方法を取っている(図4)。この方法であれば骨切り時にほとんど骨膜を骨から

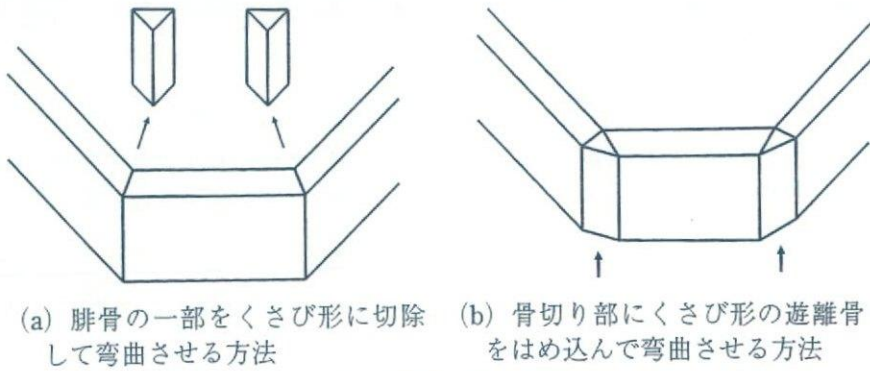


図4 下顎成形の方法

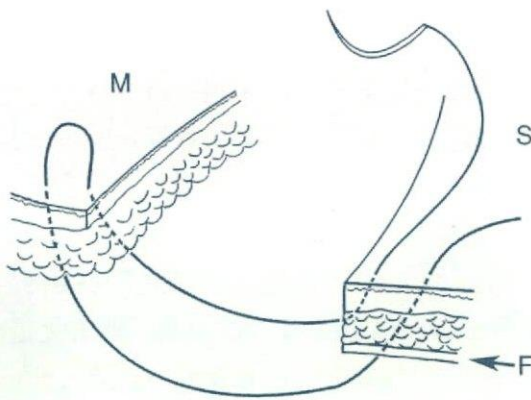


図5 皮弁の縫合方法

マットレス縫合の際に腓骨皮弁の筋膜に縫合糸をかける。

S；皮弁，M；粘膜，F；筋膜

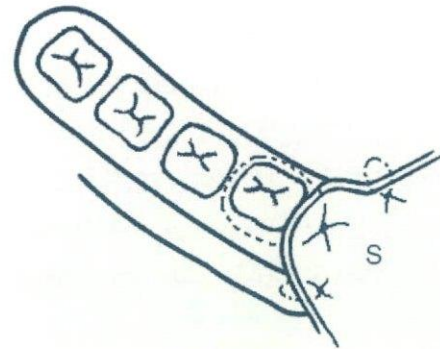


図6 皮弁の歯肉部への縫合方法  
歯にループさせてマットレス縫合を行う。  
S；皮弁

剥離する必要もなく、遊離骨を介在させることによる骨癒合の遷延なども経験していない。なお、ミニプレート固定は骨膜を剥離せず、骨膜上から行っている。

5) 残存下顎への固定と血管吻合

腓骨による下顎の成形が終了後、口腔内の欠損がある場合には、骨を固定する前にまず皮弁を口腔内に縫着する。皮弁は唾液の貯留が多い口腔底や歯肉部に縫着することが多いため、できるだけマットレス縫合を行い、water tightになるようにする。その際、腓骨皮弁の筋膜に縫合糸をかけることが瘻孔予防に繋がると考えている(図5)。また、口腔の奥から前方に向けて縫合を行うが、瘻孔を形成しやすい前方に少し皮弁を余らせるようにしながら縫合を行う。皮弁に余裕がなくなり、前方の3点縫合になる部分や、歯肉粘膜との

間に緊張をかけた縫合を行うと瘻孔形成の原因となる。残存下顎と腓骨には高さの差があるため、皮弁は口腔前庭側と口腔粘膜側の間で下顎骨の断面を覆う形となる。この部分の縫合はマットレス縫合とし、しっかりとした歯が残っていればここにループさせて縫合を行う(図6)。

次に、移植骨の残存下顎への固定を行う。顎関節の位置、咬合を正確に再現するためには、reconstruction plateを用いるのがよい。まず、手術開始後、腫瘍切除前に残存予定の下顎片にreconstruction plateの固定を行っておく。腫瘍切除時にいったんこのプレートを外して、再建時にこのプレートを再固定し、これを指標として移植骨の固定を行う。最近ではプレートを固定するスクリューのヘッドのみ外すことができるタイプも発売されてい

る。しかし、reconstruction plate を用いる方法は、かなり手術が煩雑になることも事実であり、ほとんど無歯顎の場合や、二次再建などですでに咬合がずれている場合は必要ないと思われる。実際の移植骨の固定はミニプレートを用いて行う。Reconstruction plate をそのまま利用する方法もあるが<sup>11)</sup>、大きな異物であることに違いはなく、特におとがい部を再建する場合はプレートと移植骨の間に隙間ができる。そのため、われわれはミニプレートによる固定後、reconstruction plate を外している。移植骨の固定後、移植骨と皮弁の位置によって皮膚穿通枝に緊張や、ねじれがないことを確認する。血管吻合は基本的には骨の固定が終了した後に行うが、骨固定により血管吻合が困難になると予想される場合はこの限りではない。

#### 6) 閉創

下顎を含めた硬組織の再建と、頭頸部における軟部組織だけの再建との大きな違いは、死腔の充填が困難なことである。死腔を残すことは瘻孔や、感染の危険性、ひいては血管吻合部のトラブルにまでかかわってくる問題である。特に顎下部、おとがい部に死腔を生じることが多いので、これらの場所にはドレーンを必ず留置する。この際、water tight になっていなければドレーンが口腔内の唾液を吸い込み、かえって感染の原因となるので注意する。なお、われわれは基本的に顎間固定を行っていない。

### 3. 術後の管理

皮弁のモニタリングに関しては、通常の遊離組織移植と同様であるが、前述したように移植骨周辺に死腔を残しやすいので、ドレーンの有効性、血腫の形成の有無などに注意する。術後は2~4週間の経管栄養の後、流動食から経口摂取を開始する。

腓骨・骨皮弁採取部の合併症は小児を除

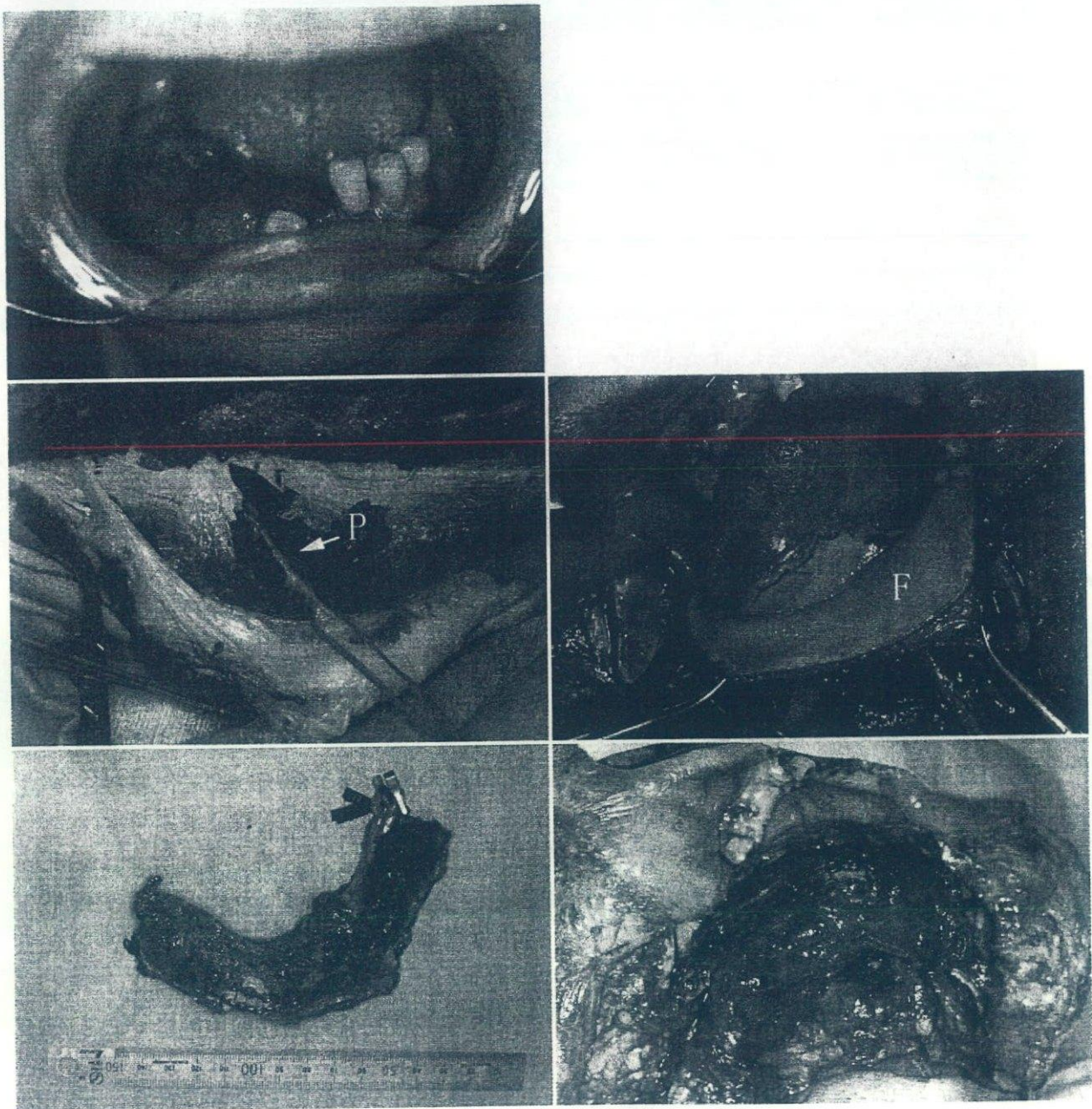
き、ほとんどないとされており<sup>6)</sup>、以前いわれていた第I趾の屈曲拘縮は術後早期の運動訓練によって防止できると考えられている<sup>18)</sup>。われわれは、皮弁採取部に植皮をしなかった場合は、術後副子固定などせず、1週間後程度より運動療法を開始しており、植皮をした場合でも生着の確認後早期に歩行訓練を行っている。

## II 手術の適応

骨・骨皮弁による下顎再建を行う際に、下顎欠損の部位、範囲、皮膚・軟部組織の欠損範囲によって最適な移植骨を選択すべきであることをわれわれは報告してきた<sup>19)20)</sup>。腓骨・骨皮弁は、その骨性状と皮弁部分の特徴から、軟部組織欠損の比較的小さい側方欠損、および骨切りを少なくとも2カ所必要とする下顎前方欠損、さらに下顎前方を中心に12 cm以上の欠損に対して第1選択であると考えている。そして、前方欠損において軟部組織欠損量が多い場合は、軟部組織の欠損量に応じて、前腕皮弁、前外側大腿皮弁、腹直筋皮弁との併用を行うのが安全であると考えている。

#### 【症例】70歳、男、右下歯肉癌 (T4N2M0)

他病院の歯科で動揺していた歯の抜歯後、潰瘍が治癒しないため生検を行ったところ、扁平上皮癌と診断され、当科に紹介された。手術では、まず右頸部郭清、およびおとがい部を含めた下顎前方区域切除が行われた。ついで、腓骨皮弁を挙上したところ、皮弁の穿通枝は細く、皮弁部分の血行に問題があると判断されたため、腓骨弁のみ利用することとし、口腔内の粘膜欠損に対しては、前腕皮弁による修復を行った。下顎再建では、下顎欠損部の形態に合わせて2カ所で骨切りを行った腓骨を、ミニプレートで残存下顎に固定した。ほとんど無歯顎であるため reconstruction



- |   |  |   |
|---|--|---|
| a |  |   |
| b |  | c |
| d |  | e |
- (a) 術前の口腔内所見
  - (b) 腓骨皮弁の穿通枝 (P) は細く、ヒラメ筋を貫通していたため、皮弁の血行は不安定であると考えられた。
  - (c) 口腔内の粘膜欠損に対しては、前腕皮弁 (F) を用いた。
  - (d) 腓骨は下顎欠損部の形態に合わせて2カ所で骨切りを行った。
  - (e) 腓骨はミニプレートで残存下顎に固定した。

図7 症例：70歳，男，右下歯肉癌 (T4N2M0)

plate は用いていない。術後19日より経口摂取が可能となり，術後30日に退院した。術後1年現在，軟食を経口摂取しており，電話での他人との会話も可能である。整容的にも良好な下顎の形態が再建されている (図7)。

### III 合併症回避のための注意点

腓骨・骨皮弁による下顎再建術における合併症回避のための注意点を，前述してきたこ



(f) 術後 1 年の状態  
 (g) 術後 1 年の状態  
 十分な開口が可能である。  
 (h) 術後 1 年の 3D-CT 所見  
 図 7 症例

とも含めて列記する。

①移植床における粘膜欠損のトリミング、特に歯肉粘膜の処理に注意する。できれば腫瘍切除時に立ち会って、粘膜の保存を検討するのがよい。

②腓骨・骨皮弁の血管茎は短いので移植床血管の選択は限られる。口径差が大きい場合は、外頸動脈への端側吻合も考慮する。なお、静脈は内頸静脈が温存されていれば、端側吻合を行うのを原則としている。

③皮弁採取の切開線は、穿通枝の位置に合わせて皮弁を採取できるように行う。ドップラーによる穿通枝同定の信用度は決して高くない。

④皮弁の剥離は筋膜下で行う。

⑤穿通枝を含めた筋間中隔はできるだけ温存し、穿通枝のみとしない。

⑥穿通枝がヒラメ筋などの筋体内を通っているときは、少量の筋体を付けたまま剥離する。

⑦腓骨採取時、腓骨頭付近での皮膚切開や、筋鉤による総腓骨神経の損傷に注意する。

⑧腓骨前縁から骨間縁にかけては、視野が狭いため、前脛骨動静脈、深腓骨神経の損傷に注意する。

⑨腓骨は、上下端から約 5 cm は必ず温存する。

⑩骨切りは骨膜下に行えば腓骨動静脈の損傷はない。

⑪腓骨周囲の死腔を減らすため、長母趾屈

筋の一部を腓骨に付着させる。

⑫腓骨動静脈の長さを確保するためには、腓骨の骨膜下を剝離し、腓骨の近位側を破棄する。

⑬欠損の彎曲に合わせて骨切りを行う際には骨把持鉗子を用いる。手で骨を握りしめると血管茎を損傷する可能性がある。

⑭骨切りは、彎曲の内側をくさび形に切除する方法が理想であるが、血管茎を損傷する可能性がある場合は、外側を骨切りして、くさび形の骨をはめ込む方法を選択する。

⑮皮弁の口腔内への縫着は、骨を固定する前に行う。また、筋膜を含めたマットレス縫合を行う。

⑯口腔の奥から皮弁の縫合を行う際、瘻孔を形成しやすい前方の3点縫合になる部分や、歯肉粘膜との縫合を行う部分で、少し皮弁に余裕を持たせて縫合できるようにしながら全体の縫合を行う。

⑰骨固定は繁雑な作業なので、基本的には血管吻合は骨固定終了後に行う。

⑱わずかに残った死腔部分（特に顎下部、おとがい部）にドレーンを挿入し、唾液を引き込んでいないことを確認する。

## まとめ

腓骨・骨皮弁は腫瘍切除術と同時進行で皮弁が挙上できる、血行の豊富な長い骨の血行を損なわずに数カ所で骨切りができる、など多くの利点を有しているため、下顎再建の第1選択として用いられることが多い。しかし、皮弁の血行が不安定であり、また、皮弁が薄いために死腔を生じた結果、瘻孔を形成するなどの問題点もある。本稿では、腓骨・骨皮弁による下顎再建の基本手技を述べるとともに、合併症を回避するため、われわれが注意して行っている諸点を紹介した。

## 引用文献

- 1) Taylor GI, Miller GD, Ham FJ : The free vascularized bone graft. *Plast Reconstr Surg* 55 : 533-544, 1975
- 2) Nakatsuka T, Harii K, Yamada A, et al : Surgical treatment of mandibular osteoradionecrosis ; Versatility of the scapular osteocutaneous flap. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 30 : 291-298, 1996
- 3) Serafin D, Villarreal-Rios A, Georgiade NG : A rib-containing free flap to reconstruct mandibular defects. *Br J Plast Surg* 30 : 263-266, 1977
- 4) Taylor GI, Townsend P, Corlett R : Superiority of the deep circumflex iliac vessels as the supply for free groin flaps. *Clinical work. Plast Reconstr Surg* 64 : 745-759, 1979
- 5) Swartz WM, Banis JC, Newton ED, et al : The osteocutaneous scapular flap for mandibular and maxillary reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 77 : 530-545, 1986
- 6) Hidalgo DA : Fibula free flap ; A new method of mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 84 : 71-79, 1989
- 7) Wei FC, Seah CS, Tsai YC, et al : Fibula osteoseptocutaneous flap for reconstruction of composite mandibular defects. *Plast Reconstr Surg* 93 : 294-304, 1994
- 8) Schusterman MA, Reece GP, Miller MJ, et al : The osteocutaneous free fibula flap ; Is the skin paddle reliable? *Plast Reconstr Surg* 90 : 787-793, 1992
- 9) Wei FC, Demirkan F, Chen HC, et al : Double free flaps in reconstruction of extensive composite mandibular defects in head and neck cancer. *Plast Reconstr Surg* 103 : 39-47, 1999
- 10) Takushima A, Susami T, Nakatsuka T, et al : Multi-bracket appliance in management of mandibular reconstruction with vascularized bone graft. *Jpn J Clin Oncol* 29 : 119-126, 1999
- 11) Boyd JB, Mulholland RS : Fixation of the vascularized bone graft in mandibular reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 91 : 274-282, 1993
- 12) Ueda K, Harii K, Nakatsuka T, et al : Comparison of end-to-end and end-to-side venous anastomosis in free-tissue transfer following resection of head



- and neck tumors. *Microsurgery* 17 : 146-149, 1996
- 13) Wei FC, Chen HC, Chuang CC, et al : Fibular osteoseptocutaneous flap ; Anatomic study and clinical application. *Plast Reconstr Surg* 78 : 191-200, 1986
  - 14) Restrepo J, Katz D, Gilbert A : Arterial vascularization of the proximal epiphysis and the diaphysis of the fibula. *Int J Microsurg* 2 : 49-55, 1980
  - 15) Hidalgo DA : Fibula free flap mandibular reconstruction. *Clin Plast Surg* 21 : 25-35, 1994
  - 16) Hidalgo DA : Aesthetic improvements in free-flap mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 88 : 574-585, 1991
  - 17) Hidalgo DA, Rekow A : A review of 60 consecutive fibula free flap mandible reconstructions. *Plast Reconstr Surg* 96 : 585-596, 1995
  - 18) Anthony JP, Rawnsley JD, Benhaim P, et al : Donor leg morbidity and function after fibula free flap mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 96 : 146-152, 1995
  - 19) Takushima A, Harii K, Asato H, et al : Mandibular reconstruction using microvascular free flaps : Report of statistical analysis of 178 cases. *Plast Reconstr Surg* 108 : 1555-1563, 2001
  - 20) Takushima A, Harii K, Asato H, et al : Choice of osseous and osteocutaneous flaps for mandibular reconstruction. *Int J Clin Oncol* 10 : 234-242, 2005



◆特集／骨欠損への対応—骨・人工骨移植，骨延長・再生—

### 3. 再建部位による材料の選択と移植のコツ

#### c) 下顎骨

多久嶋亮彦\*1 波利井清紀\*2

**Key Words** : 下顎(mandible), 再建(reconstruction), 血管柄付き遊離骨移植(vascularized bone graft), マイクロサージャリー(microsurgery)

**Abstract** マイクロサージャリーを利用した血管柄付き遊離骨・骨皮弁移植は，下顎再建，特に悪性腫瘍切除後の再建，において最も安定した成績を残せる手術方法であると考えられている．これまで幾種類かの骨皮弁が報告されてきたが，1種類の骨皮弁であらゆるタイプの下顎欠損に対応することは難しい．合併症を起こすことなく，機能的，整容的に優れた下顎を再建するためには，骨欠損の部位，範囲だけでなく，皮膚・粘膜，および軟部組織欠損の大きさに応じて再建材を選択する必要がある．本稿では，我々の考える再建材の選択アルゴリズムと，それらの移植におけるコツについて述べる．

#### はじめに

下顎再建は19世紀から始められていたことが諸家の報告により伺い知ることができるが<sup>1)</sup>，本格的に行われ始めたのは第二次大戦以降である<sup>2)</sup>．当時は自家遊離骨として肋骨や腸骨が下顎再建に用いられていたが<sup>3)4)</sup>，手術の成功率は20～90%と報告によりまちまちであった<sup>5)</sup>．この理由は骨への血行がないため感染を生じることや，移植骨の吸収，負荷に耐えられるだけの強度がないこと，などであった．また，悪性腫瘍切除後などにおいては，皮膚，粘膜組織が同時に欠損していることが多く，これらの再建を同時に行う必要もあった．これらの問題点を解消するために，骨を含んだ有茎皮弁<sup>6)</sup>，さらには胸鎖乳突筋や大胸筋を含んだ有茎筋皮弁が開発されたが<sup>7)8)</sup>，下顎形態に合わせると血行が障害されることや，頸部皮膚の拘縮が必発であることなどのため，安定した成績は得られなかった．しかし，その後，マイクロサージャリーを利用した遊離皮弁移植が開発

されてからは，骨への血行を保持したまま移植を行える血管柄付き遊離骨あるいは骨皮弁(以下，骨・骨皮弁と略す)の開発競争が進み，今日では高い成功率を収めるだけでなく，機能的，整容的にも優れた下顎再建が実現できるようになった．下顎再建に用いられる骨・骨皮弁としては，これまで肋骨<sup>9)～11)</sup>，腸骨<sup>12)～14)</sup>，肩甲骨<sup>15)～17)18)</sup>，橈骨<sup>19)～21)</sup>，腓骨<sup>22)～24)</sup>などが報告されており，それぞれの利点，欠点に関しても詳述されている．しかし，どのようなタイプの欠損に対してどの骨・骨皮弁を用いるかといった，再建材の比較に関しては，施設の状況，術者の好みなどによって左右されていることが多く，あまり論じられていない．我々は，再建材の選択こそが合併症を起こすことなく，機能的，整容的に優れた下顎を再建するための重要なポイントと考えている．本稿では，我々の経験してきた骨・骨皮弁による下顎再建症例の結果をもとに作成した再建材の選択アルゴリズムと，それらの移植におけるコツについて述べる．

#### 骨・骨皮弁の選択アルゴリズム

我々は以前，骨・骨皮弁を用いて下顎再建を行った178症例を対象として，皮弁移植の成功

\*1 Akihiko TAKUSHIMA, 〒181-8611 三鷹市新川6-20-2 杏林大学医学部形成外科, 准教授

\*2 Kiyonori HARI, 同, 教授

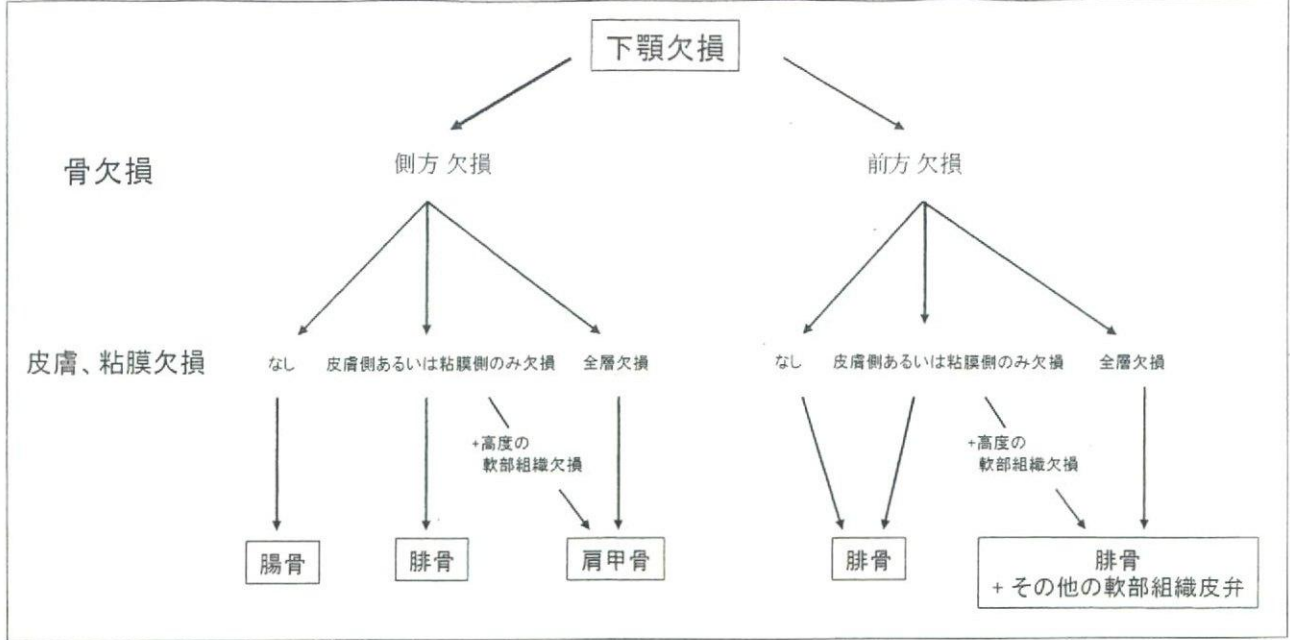


図 1. 下顎欠損に対する骨・骨皮弁の選択アルゴリズム

率，合併症，機能的・整容的予後の検討を行い，下顎再建に際しては，骨欠損の部位，および軟部組織欠損の範囲に応じた骨・骨皮弁を選択すべきであるとの報告をしている<sup>25)26)</sup>。また，その結果をもとに，再建材の選択に関するアルゴリズムを作成した(図 1)。まず，下顎骨欠損を，正中を越えない側方欠損とオトガイ部を含んだ前方欠損に分ける。側方欠損の場合，皮膚側，粘膜側ともに欠損がない場合，腸骨弁を選択する。皮膚，あるいは口腔粘膜のみの欠損で，軟部組織欠損量が少ない場合は腓骨皮弁を，軟部組織欠損量が多い場合は肩甲骨皮弁を選択する。皮膚側，粘膜側ともに欠損がある場合(いわゆる pull-through type)も肩甲骨皮弁を第一選択とする。下顎骨欠損が前方欠損の場合は常に腓骨を選択し，軟部組織欠損の大きさに応じて前腕皮弁，前外側大腿皮弁，腹直筋皮弁などを同時に移植する。

#### 代表的な骨・骨皮弁

現在，我々が通常，下顎再建に対して用いている骨・骨皮弁は，腸骨，肩甲骨，腓骨の 3 種類である。この他に，下顎全欠損の場合には長い骨を採取することができる肋骨を選択することもあり得ると思われる。しかし，そのような大きな欠損は銃創など極めて特殊な場合に限られるであろうし，肋骨採取後の合併症や下顎と肋骨のサイズの

違いを考え合わせると，肋骨の選択はできるだけ避けるべきと考える。また，欧米では橈骨を用いた下顎再建の報告が多く見られるが<sup>27)</sup>，体格の小さい日本人では下顎への負荷に耐えられるだけの骨量を持つ橈骨を採取できるとは考え難いため，選択すべきではないと思われる。以下，我々が好んで用いてきた代表的な 3 種類の血管柄付き遊離骨・骨皮弁について述べる。

#### 1. 腸骨

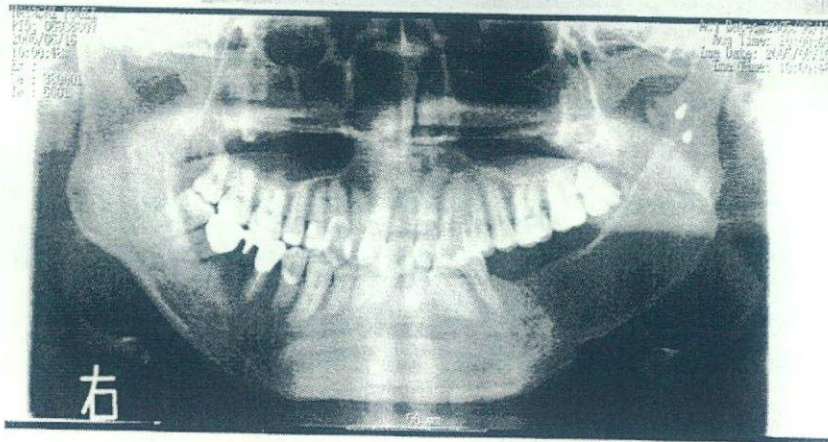
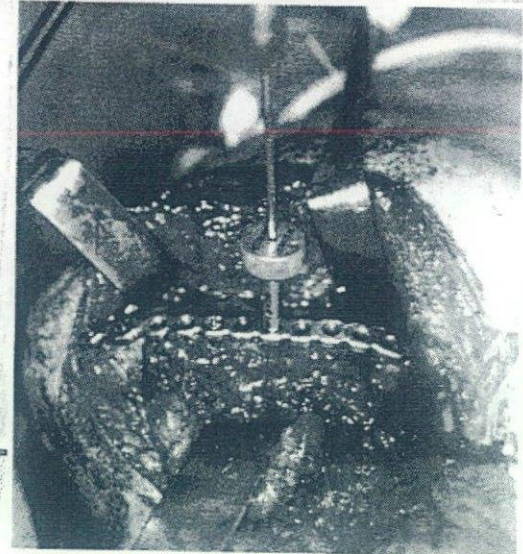
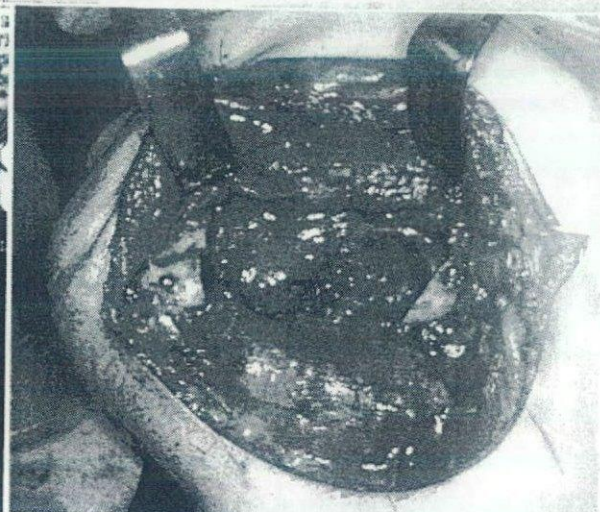
深腸骨回旋動静脈によって栄養される腸骨は，少し弯曲した骨の形態が下顎の側方の形態に類似している。また，骨量が豊富で，下顎骨に近い高さの骨を採取できるため，インプラント植立にも適している。したがって，骨の条件としては側方における下顎再建に最も適していると言って良い。その反面，皮弁として利用できる軟部組織は bulky で，しかもその血行は安定していない。我々の検討した結果でも腸骨皮弁の壊死率は高かった<sup>25)</sup>。これらのことより，骨良性腫瘍の摘出後や，下顎骨感染に対する搔爬術後の二次再建などで，側方に骨欠損が存在し，かつ，皮膚側，粘膜側ともに欠損がない場合に腸骨を第一選択とすべきであると考え(図 2)。他の骨・骨皮弁と比較して，皮弁採取部が目立たないことは腸骨の利点の一つとして挙げられるであろう。

手術のコツとしてまず重要な点は，腸骨の弯曲

a	b
c	d
e	

図 2.  
症例 1: 42 歳, 男性, 左下顎エナメル腫

- a: 術前の 3DCT
- b: 腫瘍切除後の状態, 下顎区域切除による欠損はあるが, 皮膚および粘膜欠損はない。
- c: 採取した腸骨, 腸骨稜のカーブを利用して下顎角を形成することができる。
- d: 再建プレートを用いて腸骨を固定する。
- e: 術後 3 年の X 線像



を利用して下顎形態を再現するために, 左右どちらから腸骨を採取すべきかを決定することである。再建する骨欠損部位, 選択する移植床動静脈と腸骨の血管柄との関係などからこの決定を行う。腸骨の血管柄は頭側から腸骨に入っているのので, 下顎の尾側から血管柄を頸部に導くためには, 欠損部の対側より腸骨を採取し, これを 180°ひっくり返して使用することが多い。そして, 下顎角の欠損がある場合は, 前上腸骨稜が下顎角に相当するように腸骨を採取することも重要である。

残存歯の咬合を保持することは下顎再建において重要なことであるが, 特に良性疾患に対する腸

骨移植ではこの点に留意したい。下顎再建プレートは以前より用いられていたが<sup>28)</sup>, 下顎切除前にプレート固定をして咬合の確保を行っても, 下顎切除時に一度取り外さないといけないため, 再固定の際にスクリューのゆるみが生じ, 強固な固定が得られないという問題があった。しかし, 最近ではスクリューの頭だけを取り外すことができるタイプのもの(ロッキング・リコンストラクション・システム, W. LORENZ 社<sup>®</sup>)が発売されており, 非常に有用である。

## 2. 肩甲骨

現在下顎再建の中心となっている再建材が, 腓

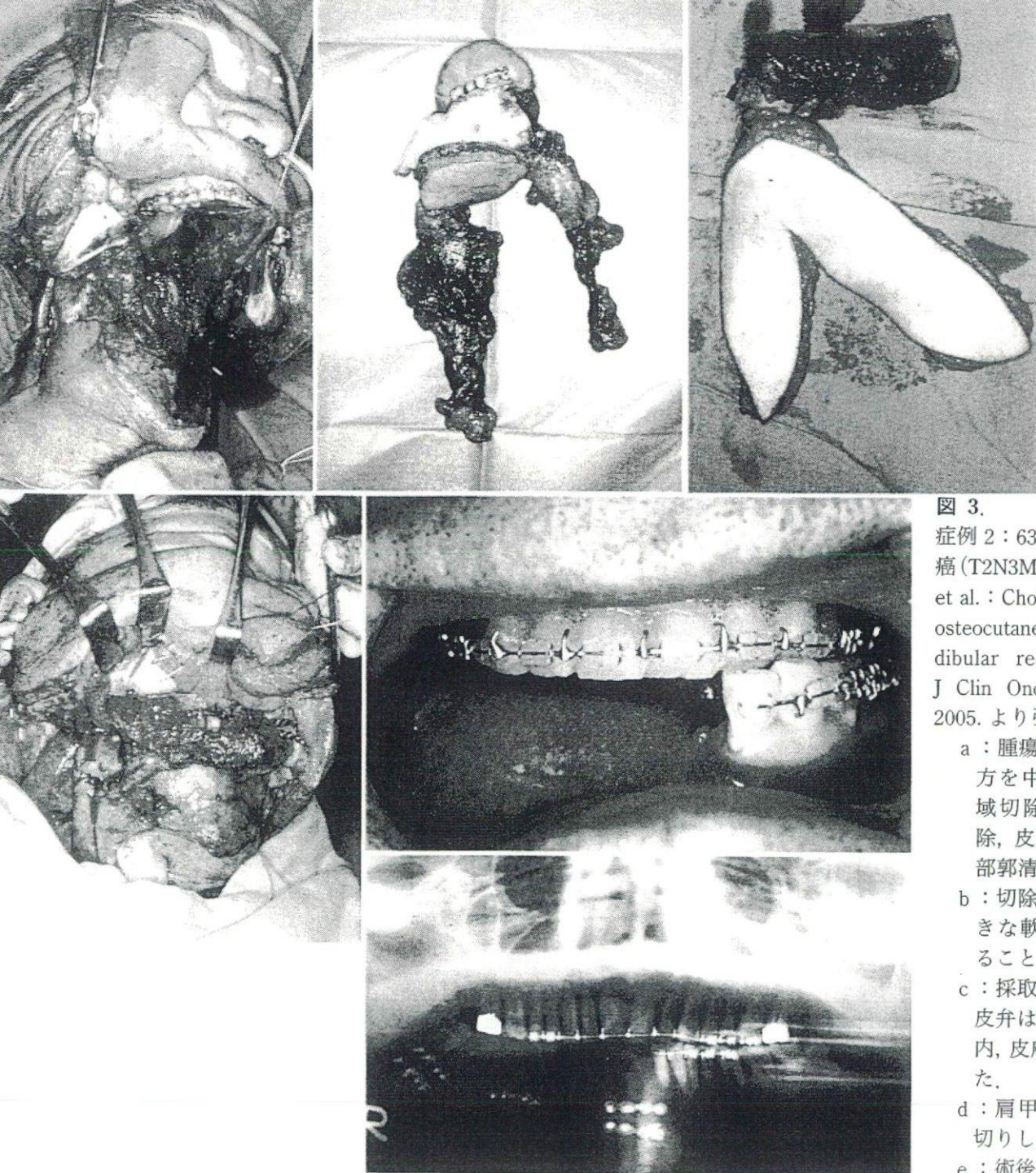
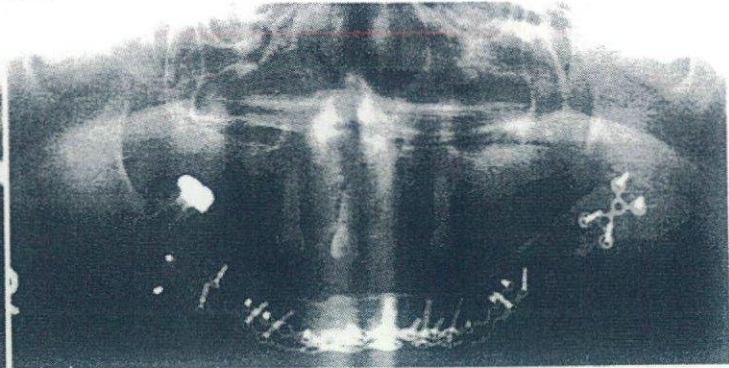
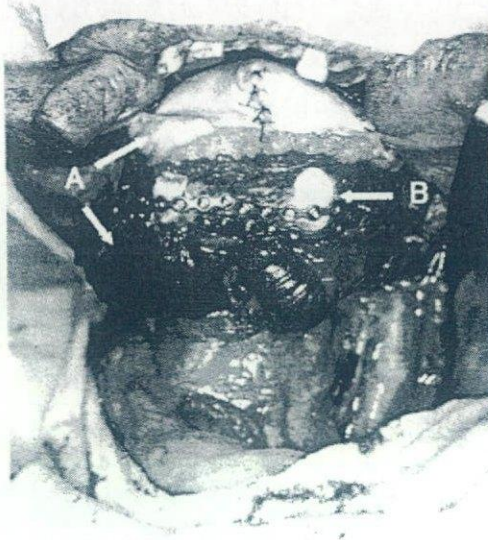
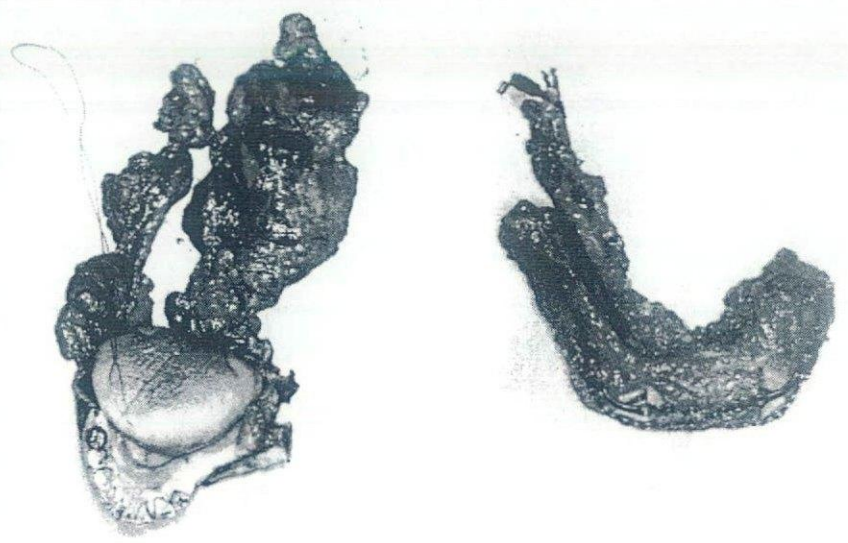


図 3.  
症例 2 : 63 歳, 男性, 右側舌癌 (T2N3M0) (Takushima, A., et al. : Choice of osseous and osteocutaneous flaps for mandibular reconstruction. Int J Clin Oncol. 10 : 234-242, 2005. より引用)

- a : 腫瘍切除後の状態, 側方を中心とした下顎区域切除, 舌・口腔底切除, 皮膚切除, および頸部郭清が行われている.
- b : 切除した腫瘍組織, 大きな軟部組織欠損であることがわかる.
- c : 採取した肩甲骨皮弁, 皮弁は 2 皮島とし, 口腔内, 皮膚側の再建を行った.
- d : 肩甲骨を一か所で骨切りし, 固定を行った.
- e : 術後, 4 か月の口腔内所見
- f : 術後, 4 か月の X 線像

骨であることは, 多くの文献でも示されている<sup>29)</sup>. しかし, 大きな軟部組織欠損を伴うことが多い悪性腫瘍切除後の下顎再建に際しては, 薄い腓骨皮弁だけでは軟部組織欠損の充填が十分に行えないことが多い. このため, 死腔を生じ, 瘻孔などの合併症を起こす危険性が高く, 他の遊離皮弁を組み合わせる方法も推奨される<sup>30)</sup>. しかし, 血管吻合の数が増えることなど手技の煩雑さを考え合わせると, できれば二つの遊離皮弁の使用は避けたい.

これに対して, 肩甲骨皮弁は, 皮弁の近位部を denude することにより皮弁と骨弁の距離を調節できることや, 軟部組織の量を調節することが可能であるため, 一つの皮弁で死腔を残さず, かつ口腔粘膜の欠損を water tight に被覆することができる. また, 一か所の骨切りであれば血行を損なうことなく行うことができるため, オトガイから体部への湾曲を形成することも可能である<sup>17)</sup>. さらに, 皮弁を 2 皮島以上に分割して使用するこ



a	b	c
d	e	

図 4.  
症例 3：59 歳，男性，左口腔底癌 (T4N0M0) (多久嶋亮彦ほか：血管柄付遊離腓骨移植による下顎の再建，形成外科 ADVANCE シリーズ I-7，173-180，克誠堂出版，2002，より引用)  
a：腫瘍切除後の状態，正中を含めた下顎区域切除，舌・口腔底切除，および頸部郭清が行われている。  
b：切除した腫瘍組織，腓骨皮弁のみの再建では軟部組織量が不足することがわかる。  
c：採取した腓骨弁，下顎の彎曲に合わせて 2 か所に骨切りを行った。  
d：欠損部に移植された腹直筋皮弁 (矢印 A) と腓骨弁 (矢印 B)  
e：術後 3 か月の X 線像

とができるため，口腔粘膜側，皮膚側の両側欠損 (いわゆる pull-through type) に対応することもできる。したがって，骨欠損が側方で，軟部組織欠損量が多い場合や，皮膚側，粘膜側ともに欠損がある場合，我々は肩甲骨皮弁を第一選択としている (図 3)。

肩甲骨・骨皮弁の欠点として，骨が薄いためインプラント埋入が腸骨や腓骨に比べて困難なことが挙げられる<sup>31)</sup>。しかし，下顎側方欠損の場合，術後の機能には残存する歯による咬合の保持が重要であり，実際の咀嚼にはインプラントを埋入しても使用していない場合が多い。肩甲骨・骨皮弁

のもう一つの欠点は，採取の際に体位変換が必要なことである。しかし，腓骨・骨皮弁を使用して，さらにもう一つの遊離皮弁が必要になるのであれば，手術時間はむしろ短くなる。

肩甲骨による下顎再建における最大のポイントは，一つの骨皮弁で下顎骨，口腔粘膜，皮膚および，軟部組織を再建するため，再建中に皮弁や血管柄を損傷しないように注意することである。また，再建の手順も重要である。まず，肩甲骨の彎曲が下顎の形態に合っていることを確認し，さらに骨皮弁の血管柄が選択する移植床動静脈に十分届く位置にあるかどうかを確認する。次に，口腔

粘膜の欠損の大きさに合わせ、皮弁と骨弁の距離を調節するために、肩甲皮弁の遠位部のトリミングと近位部の denude を行う。口腔側への皮弁の縫着が終了したら血管吻合を行う。骨の固定が血管吻合の邪魔にならないようであれば先に骨固定を行った方が強固な固定ができる。最後に、口腔粘膜側と同様に、血管柄を引っ張ったり圧迫したりせずに、かつ、死腔を残さないような位置にもう一つの皮弁が皮膚欠損部に当てはまるように、その遠位部のトリミングと近位部の denude を行う。口腔粘膜側と皮膚側のどちらか一方の再建を行うだけの場合でも、軟部組織欠損が大きい時は、二つの皮弁を用意しておく。この方が皮弁間の自由度が高いため、軟部組織の充填を行いやすい。

### 3. 腭骨

腭骨は骨・骨皮弁としては比較的最近になって開発されたものであるが、近年は腭骨を中心に据えて下顎再建の方針を立てる報告も多い<sup>29)</sup>。我々は、他の骨・骨皮弁に対する腭骨の最も大きな利点は、血行を損なうことなく骨切りを2か所以上に行うことができる点にあると考えている。このため、オトガイを中心とした下顎前方欠損においては、第一選択として腭骨を考慮すべきであると考えている。そして、軟部組織欠損の大きさに合わせて、前腕皮弁、前外側大腿皮弁、腹直筋皮弁などを選択し、併用する(図4)。また、腭骨皮弁は薄くしなやかであり、舌の運動を阻害することなく口腔内の形態を再現することが可能であるため、側方欠損であっても軟部組織欠損が小さい場合は腭骨皮弁を選択するのがよいであろう。しかし、皮弁部分の血行が不安定なことが多く<sup>29)</sup>、さらに皮弁が薄いために死腔を生じやすく、瘻孔の発生率が高いなどの問題点も多い<sup>25)</sup>。したがって、腭骨皮弁挙上後に皮弁部分の血行が悪いと判断された場合は、迷わず前腕皮弁など他の皮弁と腭骨の組み合わせを考えるべきである。

腭骨による下顎再建におけるポイントは、第一に下顎形態に合わせた腭骨の整形方法である。前方再建では、腭骨を馬蹄形にするために、腭骨の

内弯側をくさび形に切除して弯曲させる方法と、腭骨の外弯側を骨切りし、くさび形の遊離骨をはめ込んで弯曲させる方法とがある。理想的には前者の方が望ましいが、外側からミニプレート固定を行うと、骨への血行を両側から阻害する可能性がある。腭骨の外弯側を骨切りする方法では、骨膜を剥離せずに骨膜上からミニプレート固定を行えば骨への血行を阻害する心配も少ないため、この方法の方が安全である。

次のポイントは、腭骨の皮弁部分で口腔内を再建する際に、死腔や瘻孔を生じないように皮弁の縫着を行うことである。口腔内への皮弁の縫着にはできるだけマットレス縫合を行い、water tight になるようにする。特に前方で3点縫合が生じる場合は、粘膜が脆弱であれば歯にループさせて縫合を確実に行う。他の骨・骨皮弁と同様、できるだけ最後に血管吻合を行う方がしっかりとした骨固定ができるが、骨固定により血管吻合が困難になると予想される場合はこの限りではない。しかし、我々はできる限り腭骨の皮弁部分を口腔内欠損の閉鎖に用いないようにしている。先に述べたように血行の不安定な皮弁の部分壊死部より瘻孔・唾液瘻が生じた結果、感染を誘発し骨の壊死にまで進展する可能性があるからである。

### まとめ

下顎欠損は、画一的なものではなく、骨欠損の部位・範囲や、皮膚・粘膜、軟部組織欠損の有無など変化に富んでいる。それぞれの症例に正しく対応するためには、種々の骨・骨皮弁を用いた手術術式に精通し、それらの利点をうまく利用して再建材の選択を行う必要がある。本稿で述べた術式のアプローチは絶対的なものでは勿論ないが、再建材の選択を行う際の一つの指標になると思われる。

### 文献

- 1) McDowell, F, Ohlweiler, D.: Mandibular Resection and replacement. Collective Review. Int Abstr Surg. 115: 103-114, 1962.

- 2) Blocker, T. G., Stout, R. A. : Mandibular reconstruction in World War II. *Plast Reconstr Surg.* **4** : 153-156, 1949.
- 3) Brown, J. B., Cannon, B. : Repair of major defects of the face. *Ann Surg.* **126** : 624-632, 1947.
- 4) New, G. B., Erich, J. B. : Bone grafts to the mandible. *Am J Surg.* **63** : 153-167, 1944.
- 5) Bromberg, B. E., Walden, R. H., Rubin, L. R. : Mandibular Bone Grafts. A Technique in Fixation. *Plast Reconstr Surg.* **32** : 589-599, 1963.
- 6) Snyder, C. C., Bateman, J. M., Davis, C. W., et al. : Mandibulo-facial restoration with live osteocutaneous flaps. *Plast Reconstr Surg.* **45** : 14-19, 1970.
- 7) Conley, J. : Use of composite flaps containing bone for major repairs in the head and neck. *Plast Reconstr Surg.* **49** : 522-526, 1972.
- 8) Ariyan, S. : Pectoralis major, sternomastoid, and other musculocutaneous flaps for head and neck reconstruction. *Clin Plast Surg.* **7** : 89-109, 1980.
- 9) Serafin, D., Villarreal-Rios, A., Georgiade, N. G. : A rib-containing free flap to reconstruct mandibular defects. *Br J Plast Surg.* **30** : 263-266, 1977.
- 10) Daniel, R. K. : Free rib transfer by microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg.* **59** : 737-738, 1977.
- 11) Harashina, T., Nakajima, H., Imai, T. : Reconstruction of mandibular defects with revascularized free rib grafts. *Plast Reconstr Surg.* **62** : 514-522, 1978.
- 12) Daniel, R. K. : Mandibular reconstruction with free tissue transfers. *Ann Plast Surg.* **1** : 346-371, 1978.
- 13) Taylor, G. I., Townsend, P., Corlett, R. : Superiority of the deep circumflex iliac vessels as the supply for free groin flaps. *Clinical work. Plast Reconstr Surg.* **64** : 745-759, 1979.
- 14) Salibian, A. H., Rappaport, I., Allison, G. : Functional oromandibular reconstruction with the microvascular composite groin flap. *Plast Reconstr Surg.* **76** : 819-828, 1985.
- 15) Teot, L., Bosse, J. P., Mourfarrege, R. : The scapular crest pedicled bone graft. *Int J Microsurg.* **3** : 257-262, 1981.
- 16) Swartz, W. M., Banis, J. C., Newton, E. D., et al. : The osteocutaneous scapular flap for mandibular and maxillary reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* **77** : 530-545, 1986.
- 17) Baker, S. R., Sullivan, M. J. : Osteocutaneous free scapular flap for one-stage mandibular reconstruction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* **114** : 267-277, 1988.
- 18) Nakatsuka, T., Harii, K., Yamada, A., et al. : Surgical treatment of mandibular osteoradionecrosis : versatility of the scapular osteocutaneous flap. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* **30** : 291-298, 1996.
- 19) Soutar, D. S., McGregor, I. A. : The radial forearm flap in intraoral reconstruction : the experience of 60 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg.* **78** : 1-8, 1986.
- 20) Soutar, D. S., Widdowson, W. P. : Immediate reconstruction of the mandible using a vascularized segment of radius. *Head Neck Surg.* **8** : 232-246, 1986.
- 21) Thoma, A., Allen, M., Tadeson, B. H., et al. : The fate of the osteotomized free radial forearm osteocutaneous flap in mandible reconstruction. *J Reconstr Microsurg.* **11** : 215-219, 1995.
- 22) Hidalgo, D. A. : Fibula free flap : a new method of mandible reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* **84** : 71-79, 1989.
- 23) Flemming, A. F., Brough, M. D., Evans, N. D., et al. : Mandibular reconstruction using vascularised fibula. *Br J Plast Surg.* **43** : 403-409, 1990.
- 24) Wei, F. C., Seah, C. S., Tsai, Y. C., et al. : Fibula osteoseptocutaneous flap for reconstruction of composite mandibular defects. *Plast Reconstr Surg.* **93** : 294-304, 1994.
- 25) Takushima, A., Harii, K., Asato, H., et al. : Mandibular reconstruction using microvascular free flaps : a statistical analysis of 178 cases. *Plast Reconstr Surg.* **108** : 1555-1563, 2001.
- 26) 多久嶋亮彦, 朝戸裕貴, 波利井清紀ほか : 血管柄付遊離骨移植による下顎再建 : 術式と問題点. *形成外科.* **44** : 969-978, 2001.
- 27) Thoma, A., Khadaroo, R., Grigenas, O., et al. : Oromandibular reconstruction with the radial-forearm osteocutaneous flap : experience with 60 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg.* **104** : 368-378, 1999.



- 28) Boyd, J. B., Mulholland, R. S., Davidson, J., et al. : The free flap and plate in oromandibular reconstruction : long-term review and indications. *Plast Reconstr Surg.* **95** : 1018-1028, 1995.
- 29) Cordeiro, P. G., Disa, J. J., Hidalgo, D. A., et al. : Reconstruction of the mandible with osseous free flaps : a 10-year experience with 150 consecutive patients. *Plast Reconstr Surg.* **104** : 1314-1320, 1999.
- 30) Wei, F. C., Demirkan, F., Chen, H. C., et al. : Double free flaps in reconstruction of extensive composite mandibular defects in head and neck cancer. *Plast Reconstr Surg.* **103** : 39-47, 1999.
- 31) Frodel, J. L. Jr., Funk, G. F., Capper, D. T., et al. : Osseointegrated implants : a comparative study of bone thickness in four vascularized bone flaps. *Plast Reconstr Surg.* **92** : 449-455, 1993.

## Long-term outcome following radical temporal bone resection for lateral skull base malignancies: a neurosurgical perspective

NOBUTAKA KAWAHARA, M.D., PH.D.,<sup>1</sup> TOMIO SASAKI, M.D., PH.D.,<sup>2</sup>  
TAKAHIRO ASAKAGE, M.D., PH.D.,<sup>3</sup> KAZUNARI NAKAO, M.D., PH.D.,<sup>3</sup>  
MASASHI SUGASAWA, M.D., PH.D.,<sup>4</sup> HIROTAKA ASATO, M.D., PH.D.,<sup>5</sup>  
ISAO KOSHIMA, M.D., PH.D.,<sup>6</sup> AND NOBUHITO SAITO, M.D., PH.D.<sup>1</sup>

Departments of <sup>1</sup>Neurosurgery, <sup>3</sup>Otorhinolaryngology, and <sup>6</sup>Plastic Surgery, Graduate School of Medicine, University of Tokyo, Tokyo; <sup>4</sup>Department of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery, Faculty of Medicine, Saitama Medical University, Saitama; <sup>5</sup>Department of Plastic Surgery, Dokkyo Medical University, Tochigi; and <sup>2</sup>Department of Neurosurgery, Graduate School of Medical Science, Kyusyu University, Fukuoka, Japan

**Object.** Primary temporal bone malignancy is a rare form of tumor for which the therapeutic strategy remains controversial. In this study, the authors reviewed their experience with radical temporal bone resection (TBR) of such lesions and analyzed the long-term results to provide treatment recommendations.

**Methods.** Between 1994 and 2006, 17 patients (10 men and 7 women) underwent total or subtotal TBR for primary temporal bone malignancies. Tumors were graded according to the University of Pittsburgh system. The effects of surgical margins and tumor extensions on patient survival were analyzed using the Kaplan–Meier method.

**Results.** All tumors, except 1, were graded T4 (most advanced). Subtotal TBR was performed in 14 patients, and total TBR was performed in 3. The surgical margin was tumor negative in 10 patients and tumor positive in 7. For large tumors extending into the infratemporal fossa or encroaching on the jugular foramen, orbitozygomatic (3 patients) and posterior transjugular (4 patients) approaches were combined with the standard approach, and en bloc resection with a negative margin was achieved in all cases but 1. The follow-up time ranged from 0.3–11.6 years (mean 3.3 years). The 5-year recurrence-free and disease-specific survival rates were 67.5 and 60.1%, respectively. When a negative surgical margin was achieved, the survival rates improved to 100 and 89%, respectively.

**Conclusions.** The neurosurgical skull base technique could improve the probability of en bloc resection with a tumor-free margin for extensive temporal bone malignancies, which would cure a subset of patients. The active participation of neurosurgeons would improve patient care in this field. (DOI: 10.3171/JNS/2008/108/3/0501)

**KEY WORDS** • long-term outcome • malignancy • prognostic factor • skull base surgery • temporal bone resection

PRIMARY malignancies involving the lateral skull base are rare, with an estimated annual incidence of 6 cases per million persons.<sup>30,38</sup> Consequently, therapeutic strategies remain controversial, particularly for advanced tumors.<sup>30</sup> Historically, these lesions were considered unresectable due to intricate neurovascular structures within the temporal bone. In 1954, the pioneering work of Parsons and Lewis<sup>27</sup> introduced the concept of subtotal en bloc resection of the temporal bone. In their initial series of 100 cases, the

5-year cure rate remained poor (27%) and the surgical mortality rate was relatively high (5–10%).<sup>20</sup> Therefore, Kinney and Wood<sup>16</sup> advocated step-by-step piecemeal gross-total resection combined with postoperative radiation therapy, which reduced the surgical mortality rate to 3.3% and produced comparable results for extensive tumors. In 1994, Prasad and Janecka<sup>30</sup> systematically analyzed 26 articles and identified a beneficial trend of subtotal resection of temporal bone tumors beyond the external ear canal; however, they could not determine whether en bloc resection generated better results than piecemeal resection.

Despite these controversies, substantial progress in skull base surgery has been made in the past decade, and most authors of recent literature agree that en bloc resection with tumor-free margins is the optimum treatment.<sup>21,24,26,29,38</sup> For the most advanced tumors, however, optimum resection

Abbreviations used in this paper: CN = cranial nerve; CT = computed tomography; DSS = disease-specific survival; EAC = external auditory canal; ICA = internal carotid artery; IMRT = intensity-modulated radiation therapy; MR = magnetic resonance; RFS = recurrence-free survival; SCC = squamous cell carcinoma; TBR = temporal bone resection.

remains technically difficult, and the overall patient survival rate remains poor.

Given that the lateral skull base is a complex region, radical surgery for malignant tumors in this area often requires the participation of surgeons from several disciplines, such as head and neck surgery, neurosurgery, and plastic surgery, to obtain the best results.<sup>5,9</sup> In particular, the role of the neurosurgeon is important in achieving en bloc resection with a tumor-free margin, as medial structures can be directly approached via craniotomy while leaving the whole lateral temporal bone in situ.

At our institution, a multidisciplinary team performed 17 radical TBRs for advanced lateral skull base malignancies between 1994 and 2006. During this period, surgical modifications and cooperation among surgeons improved the probability of successful radical resection. The objectives in the current study were to analyze data in patients who had undergone radical TBR, to describe the surgical technique used with emphasis on its neurosurgical aspects, and to offer treatment recommendations based on these results.

## Clinical Material and Methods

### Patient Population

We retrospectively reviewed the records of 17 patients with lateral skull base malignancies who had undergone total or subtotal TBR between 1994 and 2006 (Table 1). The group consisted of 10 male and 7 female patients, with an age range of 9–73 years (mean 53 years) at the time of the operation. The most frequent histological subtype was SCC (9 patients), followed by adenoid cystic carcinoma (4 patients), carcinoma ex pleomorphic adenoma (1 patient), adenocarcinoma (1 patient), Ewing sarcoma (1 patient), and myoepithelial carcinoma (1 patient). The origin of the tumor was the EAC in 7 patients, the middle ear in 4, the parotid gland in 5, and the temporal bone in 1. Eight patients had local recurrence of tumors that had been treated at other hospitals by using local surgery, mostly combined with radiotherapy. All patients except 1 (Case 10; lost to follow-up after 2.9 years) were followed up until death or the end of the study, with follow-up periods ranging from 0.3–11.6 years (mean 3.3 years).

### Preoperative Imaging

Magnetic resonance imaging and x-ray CT scanning with contrast enhancement were performed to delineate tumor extension and bone destruction. Carotid artery angiography was also performed to evaluate tumor stain, jugular vein dominance, and collateral flow through the circle of Willis. In selected cases in which the tumor extended to the carotid canal, a balloon occlusion test was performed to assess the risk of ICA sacrifice. If the patients clinically tolerated 20 minutes of ICA occlusion and the hemodynamic study using single-photon emission CT with technetium-99m hexamethylpropyleneamine oxime showed no side difference, we concluded that the ICA sacrifice was safe. In other patients, revascularization with a radial artery graft was planned in case of injury or sacrifice. In the current series, however, the ICA was not directly invaded by the tumor and was successfully preserved in all cases. To exclude systemic metastasis, whole-body CT scanning or fluorine-

18-labeled fluorodeoxyglucose-positron emission tomography was conducted. When these imaging studies disclosed distant metastasis, the indication for radical tumor resection was suspended.

### Tumor Grading

No uniform tumor grading has been established for temporal bone malignancy, so we used the grading system established by the University of Pittsburgh (Table 2), which was originally proposed for SCCs of the EAC and based on preoperative CT.<sup>1,13</sup> In the current study, grading was determined using preoperative MR imaging to delineate tumor extensions more precisely.

### Surgical Technique

Patients underwent either subtotal or total TBR, depending on the location and extension of each tumor. Stereotactic navigation systems are now increasingly used in cases of deep-seated brain lesions and can also be useful for TBRs; however, we did not use the navigation system, because the navigation frame often limits access to the tumor margin from various angles and because anatomical orientation is easily achieved using normal osseous landmarks outside the resection line.

**Subtotal TBR.** After lumbar drainage, the patient was placed supine. A large C-shaped skin incision was made to expose the frontotemporosuboccipital bone, while leaving the tumor-invaded skin and soft tissue in situ. The lower CNs, ICA, and internal jugular vein were secured in the neck. The ramus of the mandible was cut in cases of tumors involving the temporomandibular joint and infratemporal fossa, and a large frontotemporosuboccipital craniotomy was preformed. When dural invasion was suspected, the involved dura mater was resected and left attached to the tumor, and the defect was repaired with the free fascia lata graft. After sufficient lumbar drainage, the carotid canal was first identified in the middle fossa, and bone drilling was extended laterally to the infratemporal fossa while exposing the petrous ICA. Medial bone drilling was initiated from the carotid canal posteriorly, traversing the cochlea and internal auditory canal to the posterior fossa. Thereafter, the sigmoid sinus was dissected from the temporal bone without mastoidectomy, and the bone drilling line from the middle fossa was continued laterally to the jugular foramen. The remaining osseous septum was cut with a chisel, and the tumor was removed en bloc. If tumor remnants were suspected, additional bone or soft-tissue removal was performed. The open internal auditory canal was packed with a fascia plug, and the dead space was filled with free tissue transfer of the rectus abdominis musculocutaneous flap.

After our initial experiences with the first 8 cases, this standard subtotal TBR technique was modified to achieve complete en bloc tumor resection. For tumors extending to the jugular foramen, the foramen was opened posteriorly via the extradural route without touching the lateral wall (posterior transjugular approach), and the jugular bulb and vein were dissected from the osseous canal, leaving adjacent tumor attached to the main tumor mass (3 cases). In another patient (Case 14) in whom the tumor directly invaded the wall of the sigmoid sinus and jugular bulb, the former was ligated and the latter was directly opened intra-

# Radical temporal bone resection for lateral skull base malignancy

TABLE 1  
Characteristics of 17 patients who underwent radical TBR for skull base malignancies\*

Case No.	Age (yrs), Sex	Tumor Origin	Pathophysiology	Tumor Grade†	Previous Local Surgery	XRT Pre-/Postop (Gy)	Periop Chemotherapy	Type of Resection	Tumor-Free Surgical Margin	Sacrificed CN	Other Complications	FU (yrs)	Outcome
1	54, F	EAC	ACC	T4	yes	50/45	—	subtotal	positive	VIII	meningitis, encephalitis	1.1	DOD
2	9, M	TB	Ewing	T4	no	—/40	VCR/IFO/VP-16/CPM/DXR	total	positive	VII, VIII	none	1.3	DOD
3	64, M	ME	SCC	T4	yes	60/—	—	subtotal	negative	VII, VIII	none	5.4	DOC (pneumonia)
4	45, M	PG	adeno	T4	no	—/60	CDDP/THP	total	positive	V3, VII, VIII	none	1.8	DOD
5	50, F	ME	ACC	T4	yes	—/60	—	subtotal	positive	VII, VIII	none	11.6	AD
6	27, M	EAC	SCC	T4	yes	40/31	CDDP	total	positive	VII, VIII, XI	meningitis, encephalitis	0.7	DOD
7	51, F	PG	XPA	T4	yes	—/70	—	subtotal	positive	VII, VIII	none	1.9	DOD
8	59, M	ME	SCC	T3	no	—/60	CDDP/THP/5-FU	subtotal	negative	VII, VIII	none	7.3	NED
9	69, F	ME	SCC	T4	no	40/31	CDDP/THP/5-FU	subtotal (JB opening)	negative	VII, VIII	none	0.6	DOD (metastasis)
10	62, M	EAC	SCC	T4	no	28/40	CDDP	subtotal	negative	VII, VIII	none	2.9	NED
11	57, F	EAC	SCC	T4	no	30/40	—	subtotal	negative	VII, VIII	none	5.7	NED
12	64, M	EAC	SCC	T4	no	36/34	CDDP	subtotal	negative	VII, VIII	CSF leakage, transient	5.5	NED
13	67, F	EAC	SCC	T4	no	30/40	—	subtotal	positive	VII, VIII	none	5.2	NED
14	70, M	PG	ACC	T4	yes	50/—	—	subtotal (JB opening)	negative	V3, VII, VIII, IX, X	brainstem edema, dysphagia	2.8	NED
15	41, M	EAC	SCC	T4	no	—/60	—	subtotal (JB resection)	negative	V3, VII, VIII	subcutaneous abscess	1.9	NED
16	73, F	PG	MYC	T4	yes	70/—	—	subtotal (OZ)	negative	V3, VII, VIII	none	1.5	NED
17	35, M	PG	ACC	T4	yes	50/—	—	subtotal (OZ)	negative	V3, VII, VIII	none	0.3	NED

\* ACC = adenoid cystic carcinoma; AD = alive with disease; adeno = adenocarcinoma; car = carcinoma; CDDP = cisplatin; CPM = cyclophosphamide; CSF = cerebrospinal fluid; DOC = died of other causes; DOD = died of disease; DXR = doxorubicin; Ewing = Ewing sarcoma; FU = follow-up; IFO = ifosfamide; JB = jugular bulb; ME = middle ear; MYC = myoepithelial carcinoma; NED = alive with no evidence of disease; OZ = orbitozygomatic osteotomy; PG = parotid gland; THP = temporal bone; THP = pirarubicin; VCR = vincristine; V3 = mandibular nerve; VP-16 = etoposide; XPA = carcinoma ex pleomorphic adenoma; XRT = radiotherapy; 5-FU = fluorouracil; — = not applicable.  
† Classification based on University of Pittsburgh System (see Table 2).