

# 第9章 部位別による癌の照射法

## 9・1 脳腫瘍

脳腫瘍 (brain tumor: BT) は頭蓋内に発生する悪性新生物と他臓器からの転移性腫瘍などの病変を総称している。

脳腫瘍の種類は多くあり、脳実質、下垂体、松果体、脳を包んでいる髄膜など、頭蓋内に発生した腫瘍のほかに転移性脳腫瘍が含まれ、脳原発の腫瘍では神経膠腫の34%、髄膜腫の23%、下垂体腺腫の16%、神経鞘腫の9%の発生率となっている。

腫瘍が頭蓋内に発生し増大するとその周辺は頭蓋骨で囲まれているため、腫瘍の増大に伴い頭蓋内圧が上昇し、このため頭痛、嘔吐、視力低下、複視、耳鳴りなどを発症する。また、腫瘍が脳や神経中枢を圧迫したり浸潤したりすることにより、手足のしびれ、歩行障害、聴力低下、視野の異常、言語障害なども発症する。

そして、どのような腫瘍が頭蓋内のどこにあるのかを診断するにはX線CT検査やMRI検査が行われている。

### 9・1・1 臨床

#### 1. 神経膠腫

神経膠腫 (glioma) は脳原発腫瘍のなかでも発生頻度が最も高く、男性にやや多い腫瘍であり、女性の1.2～1.5倍の頻度といわれている。X線CT検査やMRI検査などによる画像診断の進歩により診断能は格段に進歩しているが、この腫瘍の発育様式が浸潤性であることから、現在なお根治が困難な腫瘍であるといわれている。

脳細胞は神経細胞とグリア細胞 (神経膠細胞) と呼ばれる神経細胞を支持し助ける細胞に分けられる (図9-1)。神経膠腫は神経上皮由来の腫瘍のうち、グリア細胞由来と考えられる腫瘍で、脳実質内から発生し、周囲の脳組織に浸潤性に、「染み込むように」発育する。

神経膠腫は病理学的に星細胞系腫瘍、乏突起膠細胞系腫瘍、上衣系腫瘍、脈絡叢腫瘍に分類されている。また、各腫瘍の悪性度を表したものが、星細胞系腫瘍を例にとるとグレード1から4までに分類されており、一般的にはグレード1および2を良性星細胞腫、グレード3および4を悪性星細胞腫と呼んでいる。

グレードが上がるにつれて悪性度が増し、びまん性星細胞腫 (グレード2)、退形成性星細胞腫 (グレード3)、膠芽腫 (グレード4) というように、より高分化なものから、未分化なものへと

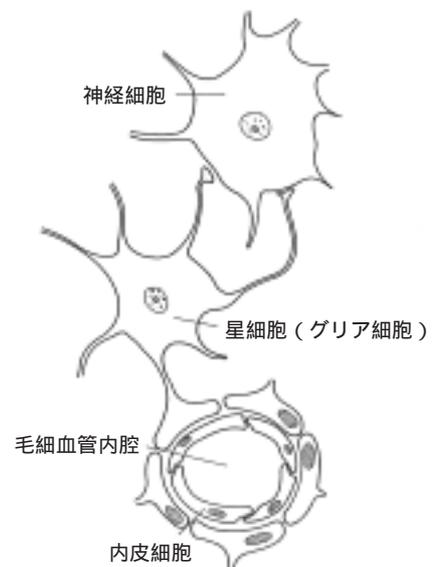


図9-1 神経細胞を支える星細胞

神経組織は2種類の細胞で構成されている。すなわち神経膠細胞と神経細胞である。神経膠細胞は神経をつなぎ止める糊 (glue) である。中枢神経系に存在し、神経系の細胞のうち最も数が多い。グリア細胞は繊細なニューロンを支持し、保護し、電氣的に絶縁し、栄養を与え、全般的に補助をする。グリア細胞のあるものは、食作用に関わっている。脳脊髄液の分泌を助けるものもある。しかし、グリア細胞は神経インパルスの伝導はしない。

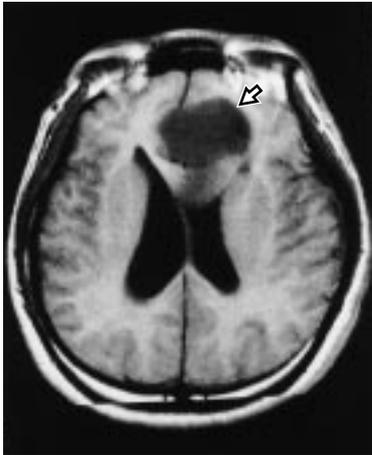


図9 - 2 神経膠腫 (T1強調画像)

並んでいる。

神経膠腫は放射線感受性が低く、化学療法も有効な方法がなく、手術が治療の第一選択となっている。手術による切除は浸潤性腫瘍のため腫瘍辺縁の健常脳組織を含めた切除になる。したがって健常組織の切除は、手術後、重篤な後遺症を残すおそれがある。その反対に浸潤の境界が不明瞭で、浸潤巣が切除した範囲を越えて健常組織に存在している場合、再発の可能性が高くなることから、この場合、術後照射が行われる。照射法は計画標的体積 (PTV) を術前の腫瘍の範囲より2cm程度のマージンをつけて設定し、50～55 [Gy] (5～6週) が照射される。

図9 - 2は左前頭部に低信号を認め、大脳鎌に浸潤を認め、腫瘍摘出術を施行したが、腫瘍が広範囲に及んでいて全摘出は不可能であったため術後放射線治療が行われた神経膠腫の症例である。

## 2. 髄芽腫

髄芽腫 (medulloblastoma) は小児の小脳虫部に好発し、組織は神経外胚葉性の未分化な細胞のため放射線感受性が高い。小児脳腫瘍のなかでは最も頻度が高く、5～6歳にピーク値を示す。

治療は原発巣を手術による摘出を行い、切除後、放射線治療が行われる。髄芽腫の30%程度は髄液中に髄芽腫細胞が浮遊した状態の髄膜播種をきたしているため、全脳と全脊髄を照射する全脳全中枢神経系照射が行われる (図9 - 11)。全脳脊髄 (A + B + C) には30～35 [Gy] が照射され、さらに後頭蓋窩に20 [Gy] 程度照射されることから、原発部位には50～55 [Gy] が照射されることになる。このとき各照射野のつなぎ目に注意が必要で、照射期間中につなぎ目を変更することにより過線量を防止できる。また、髄芽腫は抗癌剤に感受性が高い腫瘍である。シクロホスアミド (cyclophosphamide) やシスプラチン (cisplatin) などが投与される。

## 3. 髄膜腫

髄膜腫 (meningioma) は髄膜にあるくも膜細胞から発生する良性の腫瘍で、形は球形あるいは半球形をしていることが多く、血管に富み、充実性で固く、被膜を有し境界は明瞭で、徐々に増大して脳を圧迫するが、脳実質内へは浸潤しない腫瘍である。40～60歳の女性に多く、円蓋部、大脳鎌、傍矢状洞、テントなどが好発部位とされている。

脳の圧迫による症状が主であるため、単なる頭痛から、発生場所により精神症状、麻痺症状、失語、痙攣、知覚障害、視力視野障害、嗅覚障害などいろいろな脳障害症状を示すが、なかでも頭痛の訴えが最も多い。

治療は手術により腫瘍を全摘できれば治癒される。不完全摘出例や局所再発を繰り返す症例、組織学的に高悪性度の症例には放

射線治療が行われる。

放射線治療に際し、計画標的体積（PTV）の設定はX線CT画像やMRI画像で明らかな残存病変から1～2cm広くマージンがとられる。線量は50～60[Gy]は必要とされている。

図9-3は硬膜に裾野状の腫瘤を認め、髄膜腫と診断され、腫瘍摘出術が施行された症例である。

#### 4. 松果体部腫瘍

松果体は第3脳室の後方に位置している。この領域から発生する腫瘍は非常にまれである。松果体腫瘍は放射線感受性が高く、放射線治療が用いられていたが、近年の顕微鏡手術（microsurgery）の進歩により、組織診断を得るためばかりでなく、腫瘍をほとんど全摘することも場合によっては可能となっている。

松果体細胞腫（pineocytoma）は完全切除例には放射線治療は行われない。不完全切除例には50～55[Gy]の術後照射が行われる。

胚細胞系腫瘍（germinoma）は脳室壁、髄膜に沿って発育する傾向があり、髄膜播種が髄液細胞診で明らかになった場合は全脳全中枢神経系照射（図9-11）が行われる。頭蓋脊髄の照射線量は30～35[Gy]で、原発部には総線量50[Gy]が照射される。このとき照射野のつなぎ目への過線量を防止しなければならない。

松果体芽腫（pineoblastoma）は髄膜播種の頻度が高く、髄芽腫と同様の全脳全中枢神経系照射が行われる。できるだけ大きく病巣を切除後、頭蓋脊髄に35～40[Gy]が、原発巣に55[Gy]が照射される。

#### 5. 上衣腫

上衣腫（ependymoma）は脳室上衣細胞から発生する腫瘍で、小児に多いが30%前後は成人にも発症する。頭蓋内上衣腫の60%はテント下に、40%はテント上に発生する。テント下では第4脳室から発生することが最も多い。

臨床症状は腫瘍の部位によって変わる。脳室内腫瘍では脳圧亢進、水頭症を発症し、頭痛、嘔気、嘔吐、めまいなどの症状がみられる。脳室外のテント上腫瘍では腫瘍部の巣症状が認められる。頭蓋内および脊髄腔播種がみられ、このときは全脳全中枢神経系照射（図9-11）が行われる。

上衣腫は比較的良性で発育がゆっくりであるため、臨床症状が現れにくく、発見されたときには腫瘍が脳室内に充満し、水頭症を合併していることが多い。

手術にて不完全切除例では45[Gy]程度の術後照射が行われる。図9-4は9歳の女兒に発症した上衣腫で、開頭術にて腫瘍の摘出が行われた。

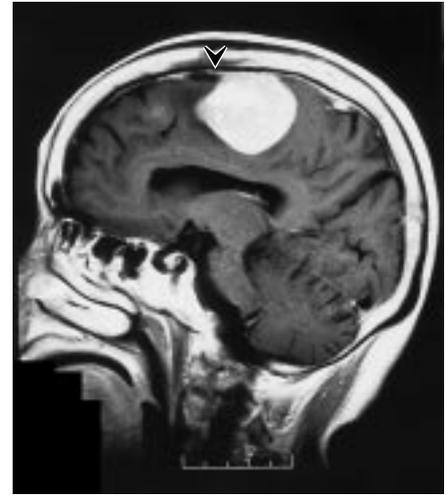


図9-3 髄膜腫（造影T1強調画像）



図9-4 上衣腫（T2強調画像）

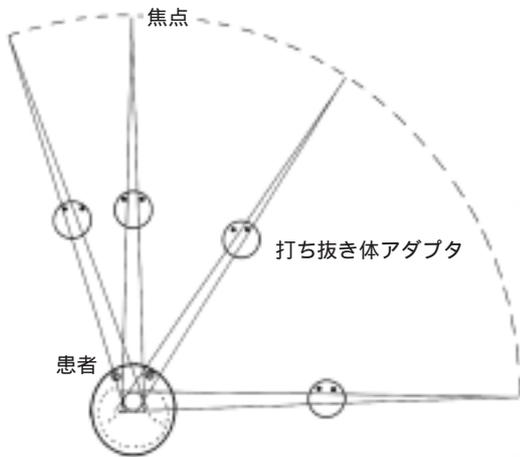


図9 - 5 眼球打ち抜き全回転照射法

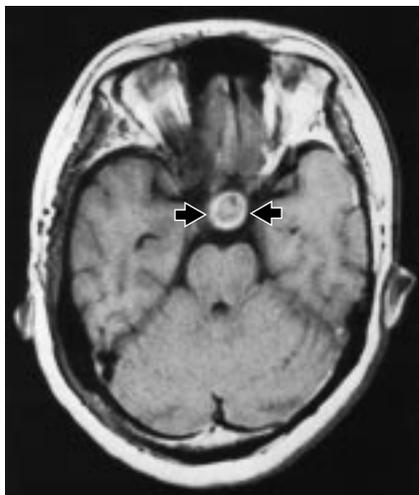


図9 - 6 下垂体腺腫 (T1強調画像)

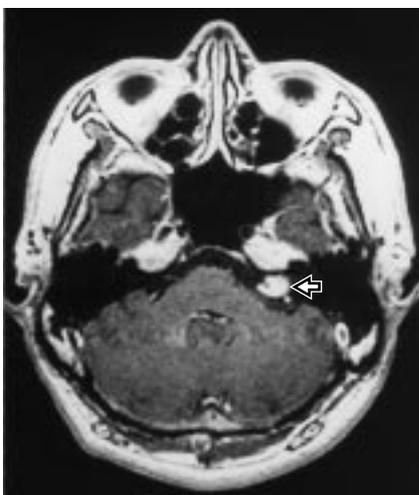


図9 - 7 聴神経腫瘍 (造影T1強調画像)

## 6. 下垂体腺腫

下垂体腺腫 (pituitary adenoma) は下垂体前葉から発生する柔らかい腫瘍で、腺細胞由来の良性腫瘍である。ホルモン過剰分泌の有無により機能的腺腫 (functioning adenoma) と非機能的腺腫 (non-functioning adenoma) に大別される。

機能的腺腫の場合は過剰分泌されるホルモンにより特徴的な臨床症状が現れ、小病巣で発見されることが多い。プロラクチン産生腫瘍では、男性ではインポテンス、女性では乳汁分泌、無月経が主な臨床症状である。成長ホルモン (GH) 産生腫瘍では発症年齢により末端肥大症、巨人症を発症する。副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) 産生腫瘍ではクッシング病 (副腎皮質ホルモンの慢性過剰分泌により中心性肥満、満月様顔貌、高血圧、糖尿などを発症する疾患) を発症する。

非機能的腺腫では大きな病巣で発見されることが多く、下垂体前葉を圧迫することによる下垂体前葉機能低下症 (甲状腺機能低下症、副腎不全など)、視交叉圧迫による視力、視野障害など、頭蓋内圧迫による頭痛などの臨床症状が現れる。

この腫瘍に対する外科的療法では、大きな非機能的腺腫では腫瘍を切除し視神経などの周囲組織の圧迫を解除することであり、機能的腺腫ではホルモン分泌を正常化させ下垂体機能を正常に保つことである。大きな非機能的腺腫では術後放射線治療が効果的であるので必ずしも全摘は必要ではない。機能的腺腫ではホルモン過剰分泌による症状を軽快させるためできるだけ全摘が必要とされる。

小病巣は完全切除ができれば放射線治療の適応はない。大病巣で周囲組織に浸潤している場合、完全切除は困難で放射線治療が適応となる。また内科的理由で手術不能となった例や手術拒否例では放射線単独治療の適応となる。

下垂体およびその周囲を含む領域を計画標的体積 (PTV) とし、照射方法は眼球打ち抜き全回転照射 (図9 - 5)、左右対向二門照射などが行われ、45 [Gy] / 25回程度が照射される。

図9 - 6はトルコ鞍内に低信号の腫瘍が認められ、内分泌検査により非機能的下垂体腺腫と診断され、経蝶形骨洞腫瘍摘出術が行われた症例である。

## 7. 聴神経腫瘍

聴神経腫瘍 (acoustic nerve tumor) は聴神経の神経鞘から発生する良性腫瘍で、症状として聴力障害、耳鳴り、平衡障害、頭痛、顔面しびれなどが腫瘍の大きさに応じて発症する。

手術による完全切除では再発例は少なく、この場合、放射線治療は行われない。垂全摘例では放射線治療が行われる。放射線は腫瘍に限局され、50 ~ 55 [Gy] (1.8 ~ 2 [Gy] / 回) が照射される。

ガンマナイフによる定位手術的照射は選択された小病変に対し

て手術の代替治療として施行されている。治療後半年～1年で効果がみられる。

図9-7は初診より2年後のMRI検査でも腫瘍の大きさ、症状とも著変なく経過観察中の聴神経腫瘍の症例である。

### 9・1・2 照射方法

脳腫瘍に対する放射線治療は術後外部照射法で分割して行われることがほとんどである。照射は創傷治癒を待って術後2～4週に開始される。

腫瘍に局限した照射野を設定し、多門照射、三次元原体照射法などで健常脳組織への線量を低減する工夫が必要である。晩期有害事象を軽減するため総線量50～60[Gy]、1回線量2[Gy]以下の照射が行われる。

#### 1. 局所照射法

術後照射のときに手術所見に基づいて照射野が決定されるが、原発巣が大きかったとき、広範囲に浸潤が疑われるとき計画標的体積(PTV)も大きく設定され、この場合、左右対向二門照射法が用いられる。しかし、比較的小さい原発巣で左右のどちらかに局限するときは45°ウエッジ直交二門照射法(図9-8)や、原発巣が頭蓋中央部に存在したときは30°ウエッジを用いた三門照射法(図9-9)などの多門照射法が用いられる。

#### 2. 全脳照射法

全脳照射は脳転移の症例に対して施行されることが多く、左右対向二門照射法で行われる。計画標的体積(PTV)の設定は、特に頭蓋底に沿った下線の設定が重要で、眼窩上縁と外耳孔を結ぶ線を下縁とした場合、眼球後部、中頭蓋窩、後頭蓋窩の一部が照射野に含まれないので注意が必要である(図9-10a)。図9-10bの照射野は篩板、中頭蓋窩、大後頭孔が照射野内に十分に入り、さらに全脳全中枢神経系照射を行うとき、下縁が椎体と平行なために全頭蓋と全脊髄腔の照射野が合わせやすい。

#### 3. 全脳全中枢神経系照射法

全脳全中枢神経系照射は髄芽腫、松果体腫瘍、一部の脳室上衣腫などにおいて髄液への播種があるので、中枢神経と全くも膜下腔を照射する必要がある。照射は腹臥位にて、全頭蓋の部分(図9-11A)は左右対向二門、全脊髄腔(図9-11B,C)は後方一門で行われる。全脊髄腔の計画標的体積(PTV)は頭方は全頭蓋照射時の足方との境界線上、幅は各々の椎弓根より少なくとも1cmは外側に設定し、下線はくも膜腔が第2仙骨レベルまでであることから第3仙骨までを含む必要がある。全頭蓋と全脊髄腔の照射野境界は照射期間中に適当に2,3回移動させ同部の高線量域(hot spot)、低線量域(cold spot)を回避する配慮が必要とされ

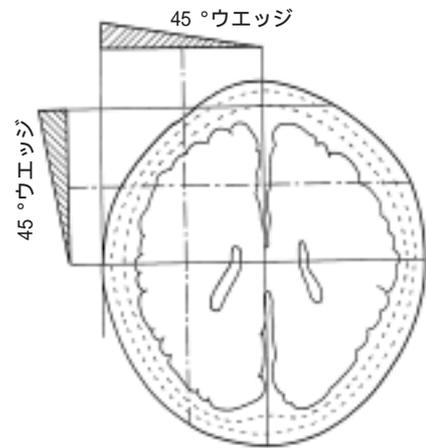


図9-8 45°ウエッジ直交二門照射法

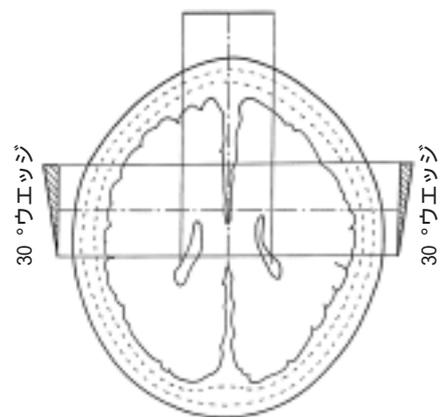


図9-9 30°ウエッジ三門照射法

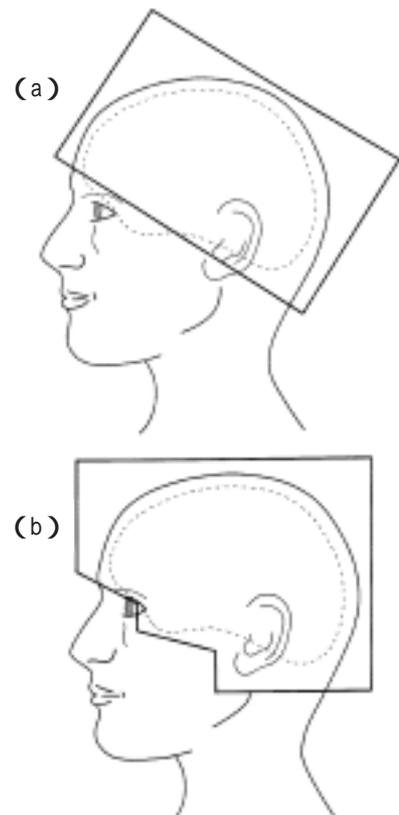


図9-10 全脳照射法

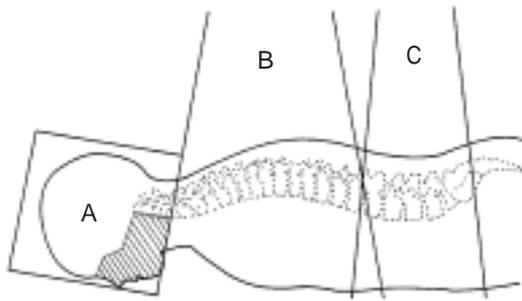


図9 - 11 全脳全中枢神経系照射法

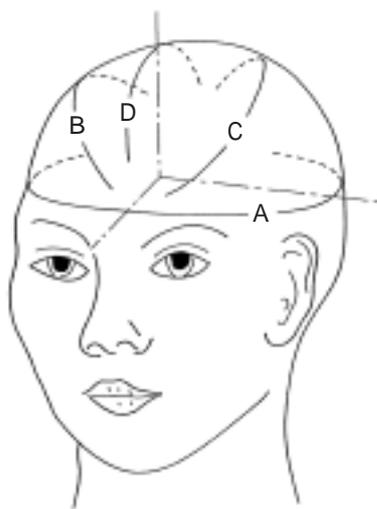


図9 - 12 脳腫瘍に対する定位手術的照射

る。全脊髄腔の照射野は特に成人では大きな照射野となり一門では設定できないことが多い。この場合SSDを100cmより長くし、二門に分割することにより対応する。二門に分割した場合、照射野境界は照射期間中に適当に2,3回移動させ、同部位が高線量域や低線量域にならないように配慮する必要がある。

#### 4. 定位放射線照射法

定位放射線照射法 (stereotactic irradiation) は脳内の小病変に対して1mm以内の誤差範囲できわめて高い精度で治療しようとする放射線治療方法で、位置精度を高めるために定位型手術フレームや着脱式の固定具を用いて照射が行われる。

これは1回照射で治療する定位手術的治療 (stereotactic radiosurgery: SRS) と分割照射による定位放射線治療 (stereotactic radiotherapy: SRT) に分けられ、前者は脳動静脈奇形、聴神経腫瘍や髄膜腫などの良性腫瘍に対し、後者は転移性脳腫瘍が主な適応例となっていて、ガンマナイフや専用リニアック治療装置などを用いて行われる。

定位放射線照射法は通常の外部照射と比べると、しっかりと固定が必要で小病変に限定され、通常定位手術的治療で臨床標的体積 (CTV) が3cm以下、定位放射線治療でCTVが5cm以下に対して行われる。病変が小さいため、多方向から腫瘍のみに放射線を集中させ、健常組織への線量を少なくすることができる。また、定位放射線治療は分割照射であることから1回照射の定位手術的治療と比べて、

実質、脳神経への障害が少ない。

比較的大きな腫瘍を対象とすることができる (3~5cm)。

網膜、脳幹、視神経などの放射線感受性の高い部位への治療が可能である。

などの利点があげられている。

専用リニアック治療装置で行う4アーク法は横断面で260°アーク (図9 - 12A)、寝台角が+45°と-45°で100°アーク (図9 - 12B, D)、正中矢状面で100°アーク (図9 - 12C) の照射が行われる。

#### 9・1・3 有害事象

1回線量：2.2 [Gy] /回，総線量：60 [Gy] /30回以上では脳障害が増加する傾向がある。35 [Gy] /10回，60 [Gy] /35回，76 [Gy] /60回が脳の耐容線量の閾値であるといわれている。

##### 1. 早期有害事象

放射線治療中または終了直後に、脳浮腫が原因で初回照射の数時間後から嘔気、嘔吐、頭痛、神経症状の増悪などを発症する。大きな照射野でしかも1回線量が3~6 [Gy] と大きいときに症状が顕著となる。1回線量が1.8~2 [Gy] の場合は発症したとし

ても軽度の症状であることが多い。

2. 晩期有害事象

放射線治療終了後、数か月～数年間に発症するもので、血管内皮の障害、乏突起神経膠腫の障害、白質の障害が現われる。臨床症状としては痙攣、神経精神症状などを発症する。

9・2 舌癌

舌癌 (cancer of tongue) は50～60歳代に好発し、男女比は2：1である。好発部位は舌縁部、次いで舌腹部が多い。

初めは小さな瘤状の腫瘍で、大きくなると表面が潰瘍になって、舌の運動障害や激しい痛みが起こり、次第に食べ物の飲み込みが不自由になる。

舌はリンパ管がよく発達していて、これらは左右へも自由に吻合しており、初診時に30%程度は患側の上深頸リンパ節や顎下リンパ節などに転移があるといわれている。口腔粘膜は扁平上皮と小唾液腺などからなるため、舌癌の約80%が扁平上皮癌、残りは腺癌などである。

治療成績は組織内照射単独の場合で、5年局所制御率は 期で85～90%、 期で75～85%といわれている。

9・2・1 臨床

舌癌のTNM分類と病期分類を表9-1に示す。腫瘍の大きさが2～4cm以内で、所属リンパ節や遠隔転移のない～期の早期例に対しては、組織内照射が行われる。線源は<sup>192</sup>Irヘアピンによる低線量率組織内照射、あるいは<sup>192</sup>Irマイクロ線源による高線量率組織内照射が行われる。T1～T2・N1症例では外部照射と組織内照射後に頸部リンパ節の郭清が行われる。

早期癌では手術と放射線治療は同等の治療成績が得られるが、進行癌では手術療法が主体となる。しかし、放射線治療は機能と形態温存の2点で、すなわち治療後のQOL(第11章参照)の点でよく用いられる。

9・2・2 照射方法

1. 組織内照射法

高線量率組織内照射は<sup>192</sup>Irマイクロ線源を内蔵した遠隔操作式後装填法が用いられる。低線量率組織内照射は<sup>192</sup>Irヘアピンが使用される。

<sup>192</sup>Irの半減期は74.2日、線エネルギーは平均0.35 [MeV]で、このワイヤー線源は非常に細くて(約0.6mm)柔軟性があり、任意の長さや形状にして使用される。

組織内照射の線源刺入において腫瘍の厚みが10mm以下であれば1平面刺入が行われる。これを越える腫瘍の厚みがあれば2平面あるいは立体刺入が行われる(図9-13)。

表9-1 舌癌の原発巣分類と病期分類

T1	最大径が2cm以下の腫瘍
T2	最大径が2cmを超え、4cm以下の腫瘍
T3	最大径が4cmを超える腫瘍
N0	所属リンパ節転移なし
N1	同側の単発性リンパ節転移で最大径が3cm以下
N2	同側の単発性リンパ節転移で最大径が3cmを超えるが6cm以下 同側の多発性リンパ節転移で最大径が6cm以下
N3	同側あるいは対側のリンパ節転移で最大径が6cm以下
M0	遠隔転移なし
M1	遠隔転移、他肺葉に散在する腫瘍結節

病期	T	N	M
	T1	N0	M0
	T2	N0	M0
	T1～T2 T3	N1 N0～N1	M0 M0
	T1～T3 Tに関係なく	N2 N3	M0 M0
	T, Nに関係なく		M1

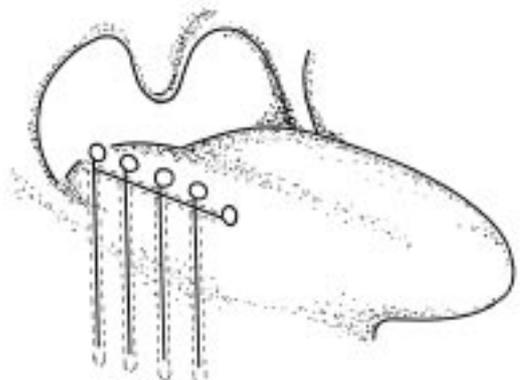


図9-13 舌癌の立体刺入法