

ウクライナ保健省

国立癌研究所

腫瘍の治療における加熱焼灼術

(日本製加熱焼灼器による転移性肝癌等の治療ガイドライン)

著者：

医学博士・科学 **Lukashenko Andriy Volodymyrovych**

医学候補者 **Klymniuk Hryhoriy Ivanovych**

医学候補者・科学 **Ostapenko Yuri Viktorovich**

腫瘍専門医師 **Natalia Stanislavivna Chorna**

医学博士・放射線 **Ashikhimin Andrey Valerievich**

キエフ；2020年9月10日

(本論文の成立ち)

本論文「腫瘍の治療における熱焼灼術」は、腫瘍学者等のためのガイドとしてウクライナ国立癌研究所の学術委員会によって推奨されたものである。

著者：

Lukashenko AV、Ostapenko YV、Klimnyuk GI、Chorna NS、Ashikhmin AV。

腫瘍学者等とは；腫瘍学者、一般外科医師、超音波専門家、介入放射線科医師、インターン、レジデント、大学院生、高等教育医療機関の上級生、「腫瘍学」、「外科学」、「放射線医学」の分野の専門家。

(ウクライナ国立癌研究所学術審議会(2020年9月10日)のプロトコル会議からの抽出)

(要約)

本論文は、著者らの広範な臨床経験に基づいており、現代医学の現在の問題、すなわち低侵襲技術の使用による進行癌および前癌疾患の治療結果の研究、分析、改善に貢献するものである。

本論文は、腫瘍の治療における熱焼灼の有効性を決定する上での現代的な見解に関する理論的な一般化を提供し、焼灼の方法を評価するための方法論的根拠（経皮、腹腔鏡または開放）を開発することを可能にする。条件を決定するためのこの新しい包括的で対象を絞った接近方法、腫瘍の局所破壊の可能性は、最終段階の進行型の癌の質の高い治療を可能にする。

研究の結果によると、純粋な熱焼灼接近方法で新しい医療機器を使用した独自の結果を提案した。これは新しい医療機器（電気焼灼器 AMTC300B）の使用に基づいており、重要な抗腫瘍効果に対する局所熱傷などの局所合併症のリスクを軽減しながら、直流電熱の複合された可能性を明らかにするのに役立つ。

また本論文は、高等教育医療機関の上級生、インターン、レジデント、大学院生、ならびに若い専門家、および経験豊富な外科医、内視鏡医、腫瘍医、消化器外科医に向けたものである。

Zemskov Sergey Vladimirovich, Dr. Medicinal Science,
Professor of the Department of General Surgery № 1,
Vice-Rector for Research and Innovation
National Medical University named after OO Worshipers

第一外科教授

研究および革新技術担当副学長

国立医科大学

目 次

記号、単位、略語、述語のリスト.....	5
前書き	6
背景	6
主要部分	9
1. 焼灼術の方法.....	9
2. 術前の準備.....	14
3. 超音波検査.....	15
4. コンピュータ断層撮影	16
5. 磁気共鳴断層撮影法.....	18
6. 加熱焼灼施術の適応と禁忌	20
7 焼灼術の麻酔学的規定.....	22
8 焼灼術の技法.....	23
9 加熱焼灼後の術後期間の実施の特徴.....	30
10 術後検査の方法	32
11 加熱焼灼の有効性評価	39
12 加熱焼灼有効性に影響を与える要因.....	46
13 肝臓における CRC 転移の加熱焼灼過程の合併症	50
14 焼灼術適用の遠隔結果	54
結 論	58
付録 1 骨性骨腫における方法の適用の経験.....	61
付録 2。乳房腫瘍および腫瘍前の疾患を有する患者におけるアブレーション適用の経験	65

記号、単位、略語、述語のリスト

FCC – hepatocellular carcinoma 肝細胞癌

CT is a computed tomography scan コンピュータ断層撮影 (走査/撮像)

MRI - magnetic resonance imaging 磁気共鳴画像

MHA - microwave ablation マイクロ波焼灼 (術)

PET - positron emission tomography 陽電子放出断層撮影 (撮像)

RFA - radiofrequency ablation ラジオ波による焼灼 (術)

TA - thermal ablation 加熱による焼灼 (熱焼灼) (術)

Ultrasound - ultrasound diagnosis 超音波 - 超音波診断

CRC-colon (colic) rectum (rectal) cancer 結腸直腸癌

VOI- volume of interest 関心領域の体積

前書き

本論文は、超音波監視制御下での開腹手術、腹腔鏡下介入、および経皮治療の適応、および禁忌を示している。また、当該方法の有効性を評価するための独立型の低侵襲手術マニュアルとして提供されている、

この出版物は、超音波検査（Bモードおよび二重走査）、コンピュータ断層撮影、静脈内ボラス造影による磁気共鳴画像法など、包括的な術前検査の役割を評価している。

術中および術後直後の腫瘍の局所的破壊方法、病期および評価基準の技術的および戦術的側面と、その後の長期にわたる管理、麻酔ケアの特殊性が決定される。

加熱焼灼術の可能な合併症とそれらを排除する方法が提示される。

推奨事項は、腫瘍学者、外科医、放射線診断専門家、癌治療を扱う麻酔科医、一般外科医を対象としている。また推奨事項は、国立癌研究所の出版物および臨床試験データの分析に基づいている。

背景

臨床使用の比較的短い歴史にもかかわらず、腫瘍の局所破壊の方法は現在、肝臓、腎臓、肺および他の器官の腫瘍を有する患者の治療において広く使用されている。

結腸癌（または結腸直腸癌、CRC）は、現代の腫瘍学において差し迫った問題である[1]。なお、毎年、世界中で約 100 万人の大腸癌の新規症例が登録されており、ウクライナで 16.5 千人を超えている[2]。結腸癌および直腸癌による死亡率は、その主な原因が遠隔転移の形での（癌化）進行の播種であり、依然として高いままである[3]。

今日、CRC は世界で 4 番目に多い悪性腫瘍であり、腫瘍による死因の第 3 位である[3]。CRC 転移の検出頻度において、肝臓は（リンパ節に次いで）2 番目である[4]。CRC 患者の 50%以上に肝転移があり、特定の治療を行わないと 5～11 か月以内に死亡する。肝転移が検出された患者の半数以上が同時性であり[5]、25%で次期 5 年間に異時性転移が診断される[6]。患者の 3 分の 1 だけが孤立した転移があると推定されており、肝切除は症例の半分でしか行えない[7]。

転移の根治的外科的切除は、患者の平均余命を大幅に延ばし、37～45%の 5 年生存率を達成できる唯一の方法である。外科的切除は、全生存期間の中央値が 35～40 か月に達する転移性腫瘍の治療における「ゴールド」スタンダードである[9]。この範疇の

患者の主な切除可能性は低く（15～20%以下）[10]、肝臓に転移性 CRC を有する患者の80%以上がせいぜい低侵襲または化学療法のさまざまな方法の対象となる[11]。

転移性大腸癌の治療を最適化することは、患者さんの生存期間を延ばし、生活の質を改善することを目的とした、現代の腫瘍学の重要な課題である[12]。

腫瘍の形態学的類型を除いて、転移性大腸癌患者の予後は、腫瘍進行の有病率と薬物療法と組み合わせた根治手術を含む適切な治療を迅速に開始する能力によって主に決定される[13]。しかし、初期の根治手術でさえ完全な治癒を保証するものではない。発癌の機序はまだ十分に研究されていないため、根本的な治療の可能性と予後因子についてのみ触れる。ある程度の確率で、長期的な治療結果を示唆している[14]。

今日、多くの場合、現代の外科手術は、侵襲性の少ないさまざまな技術を提供することができ、合併症の数が少ないため、治療の可能性が高くなる[15]。同時に、抗腫瘍効果の主な方向性は残っている。化学薬品および放射性医薬品の局所送達の方法（腫瘍血管の化学的塞栓術および放射線塞栓術）および腫瘍の局所破壊の技術（さまざまな種類の焼灼術、光線力学療法）がある[16]。

焼灼術（Ablation (from Latin ablatio)ラテン語も焼灼から）は、組織の直接的な破壊の手法であり、熱的または化学的/電気化学的暴露等によって達成される。それらの作用機序による焼灼術の方法は、（熱焼灼のみならず）以下に分けることができる：

- 化学／電気化学的。
- エタノール、酢酸の注射。
- 電気化学的溶解。
- 加熱または熱的。
- レーザー（高温）。
- マイクロ波（高温）。
- 無線周波数：ラジオ波（高温）。
- 超音波（温熱）。
- 低温破壊（低温）。

局所破壊の方法は、以下の要件を満たす必要ある[15]：

- 健康な組織内の腫瘍の破壊を確実にする（5 mm 以上-肝切除の要件）。
- 最小限の全身毒性作用を引き起こす道順（疝痛壊死よりも凝固を引き起こす道順や方法が好ましい）。

- 侵襲を最小限に抑え、深刻な運用上のストレスを引き起こさない。
- 繰り返し使用できる。

高周波焼灼術（RFA）は、これらの要件を最大限に満たしている。これは肝臓胆管クリニックでの急速な普及の説明となる[17]。

CRC の肝臓転移への RFA 施術後、局所再発のリスクは 10～31%、1 年、3 年、および 5 年の生存率はそれぞれ 85%、36%、および 24%であり、臨床的に重要な合併症は 6%のケースに見られる[18]（クラス証拠 A）。

古典的な手術に比べて**焼灼術 RFA の利点**は[19]である：

- トラウマが少ない。
- 術後死亡率が低い。
- サーマプローブの動作部分の周りのエネルギーの均一な分布。これにより、球または楕円の形状を作成できる。
- 肝臓および肺転移の治療のための使用の可能性。
- 装置のコンパクトさ。
- 肝切除の段階での実質的な止血の可能性。

焼灼術 RFA の欠点：

- システムのコストが比較的高い。
- 使用制限（大きな血管の近くが破壊された場合の「熱放散」）。
- 焼灼破壊領域の制御が難しい（能動電極の周囲の組織の導電率に依存）。
- 受動電極（対極板）を使用する必要がある。

焼灼術は、局所破壊の最新の手法として、切除不能な肝腫瘍患者の幅広い条件に適用できる。場合によっては、焼灼暴露の結果が肝切除と競合することさえある。

主要部分

1. 焼灼術の方法

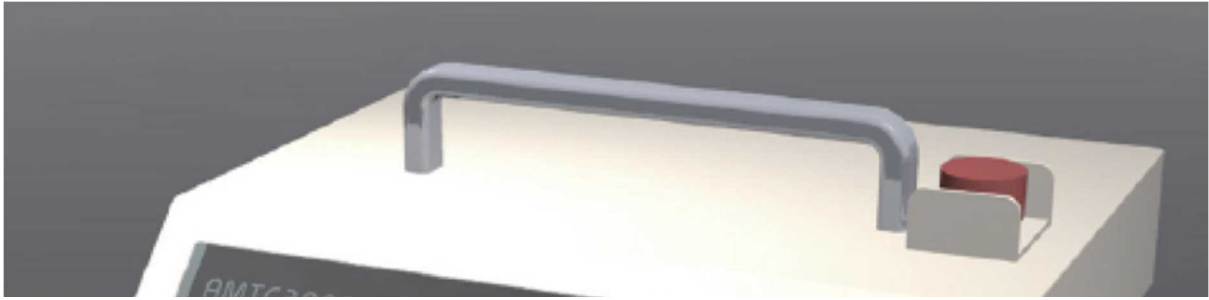
ラジオ波焼灼術(RFA)は、 $10^4 - 10^9$ Hz の範囲の電磁波に曝されることにより、局所的な温度上昇を実現する。高周波発振器によって生成され、患者の体を通過する 300～400 kHz を超える周波数の動作電流は、筋肉の刺激と痛みを排除する。RF システムは、平均波長に対応し、神経摩擦刺激や電気ショックを引き起こさない分子摩擦熱の形成に十分な 400～500 kHz の周波数の高周波発振器を使用している。病巣の焼灼術は、腫瘍に特殊な非外傷性電極を挿入し、現在の周波数 450～500 kHz で腫瘍に曝すことによって行われる。結果として、腫瘍組織は温度 (60-90°C) に加熱され、その温度で細胞に不可逆的な変化が起こる。腫瘍の塊は壊死する。この方法は、最初に肝腫瘍の切除に使用された。最初の実験研究は 80 年代に発表され、90 年代半ばには臨床試験の予備結果が発表された。1 年後、最初の出版物は、肺の腫瘍、そして腎臓および他の臓器の腫瘍の焼灼のための熱焼灼 (以下-TA) の使用について発表された。最初の RFA システムは、小さな半径 (最大 2 cm) のハイパーサーミアの域を作成することを可能にし、装置の技術的な改善には数年がかかった。最新の RFA システムでは、1 回の塗布で直径 7 cm までの壊死領域を得ることができる。

RFA を実施するための医療機器は、世界で発表されている : RadionicsCool-Tip®焼灼術システム (出力 200 W、発振周波数 480 kHz) , 「RITA®Medical Systems」 (「Angiodynamics」、USA) 最大出力 250 W、周波数 460 kHz ; Boston Scientific (マサチューセッツ州ネイティック) 電力 100 および 200W、周波数-480 kHz。切除進行は組織インピーダンスによって制御される。主な特徴は、温度制御システムがないことである。

Cancer Institute (国立癌研究所) の病院では、日本製の加熱焼灼術装置 AMTC300B® (図 1) を使用し、細いサーモプローブ (0.4 mm) (図 2) を使用し、組織を加熱部の長さに対応する半径で最大 100°C まで加熱した。熱エネルギーはサーモプローブから組織に伝熱される。サーモプローブは、直流電流によって内部から加熱され、他の機器や患者への電磁効果を引き起こさない。

サーモプローブは単一本 (直径 3 cm 未満の病巣の場合) と 4 つの単一本 (直径 3 cm より大きい病巣の場合) で構成されるクラスター化の両方が可能である。サーモプロ

ープの作動（高温発熱）部分の長さは10～40 mmで、非作動（低温）部分の長さは100～250 mmである。高温ハイパーサーミア、またはTAのこの方法は、腫瘍に対する高温の局所作用による抗腫瘍効果を持つ。サーモプローブに組み込まれた温度センサーにより、サーモプローブ構成体の最終加熱温度を制御できることが重要である（図2）。この方法では、設定温度の条件下での熱暴露の期間を計算することが可能である。温度設定は50°C～99°Cで異なるが、推奨温度は70°C以上である（腫瘍の場所などのさまざまな要因によって異なる）。通常、サーモプローブによる発熱時間の設定は、1秒から10分までさまざまである。ただし、99°Cの温度で発熱時間を1分以上に設定しないようにする必要がある。一部の腫瘍の血液供給の特殊性のため、TAの期待される領域に到達することが常に可能であるとは限らないため、そのような場合には、2つ以上のサーモプローブを使用することが推奨される（この応用では、それらは互いに約8 mmの距離に配置する必要がある）。可視化方法の制御（超音波、CTなど）、TA腫瘍の適応症を検討するときは、常に2つの側面が考慮される：技術（近くの臓器や構造を傷つけることなく、計画に従って温熱効果を提供する能力）と癌（この患者の腫瘍が根本的に破壊されると、寿命と生活の質（QOL）が向上するかどうか）。治療を成功させるには、結節型の病変と腫瘍（CT、超音波）の明確な可視化が望ましい。



図。1.加熱焼灼術用装置

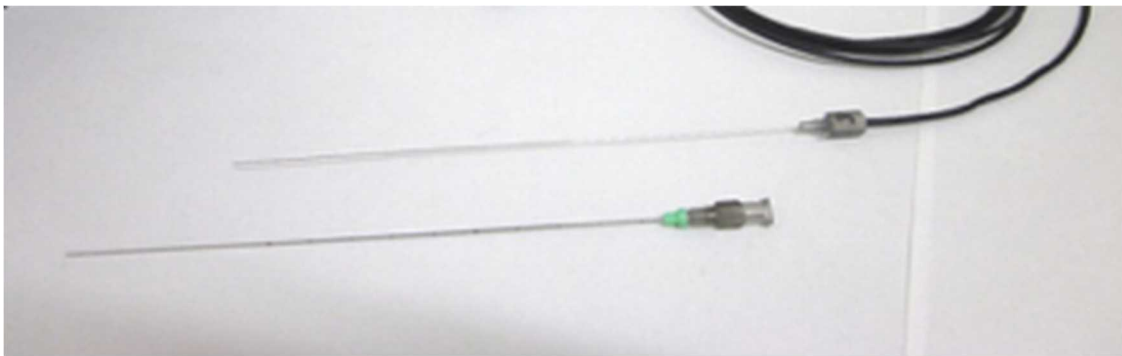
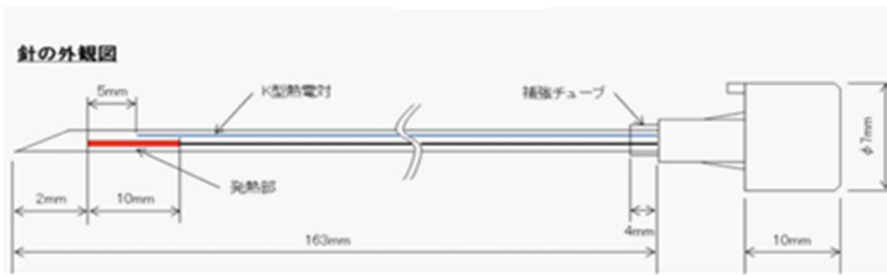


図 2. 熱焼灼術用のサーモプローブ（マイクロヒーター27G の最小直径-0.4 mm、針導体 GH15A の直径-0.7 mm）-図と写真

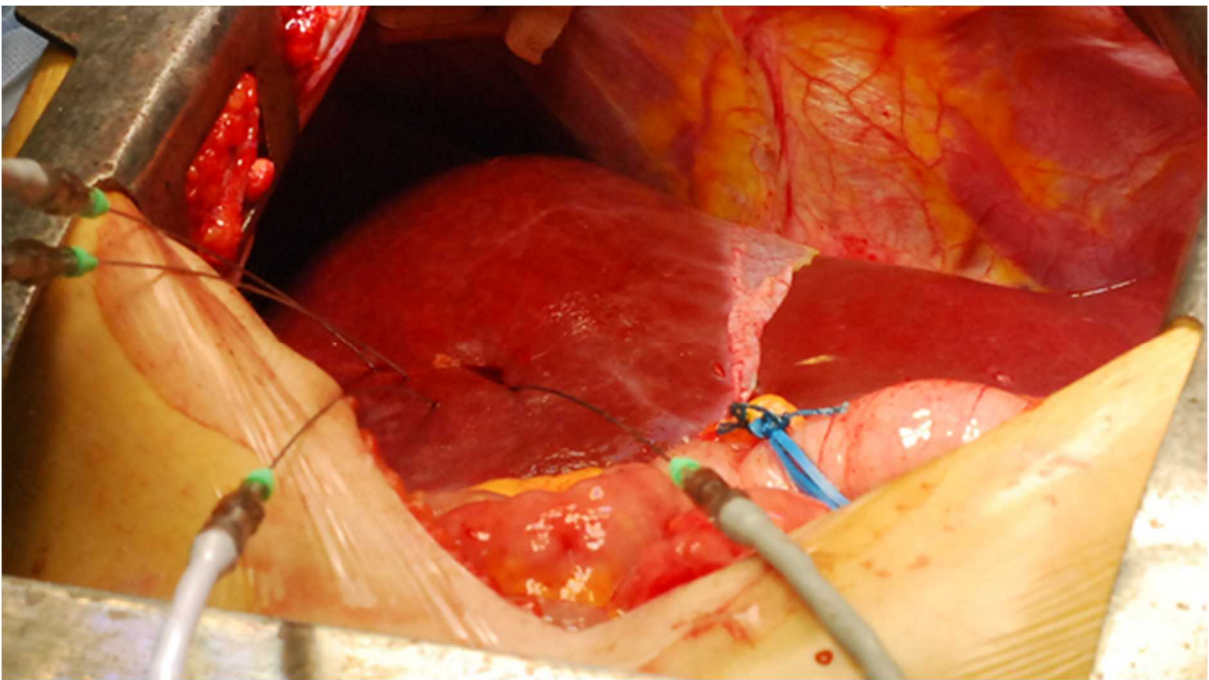
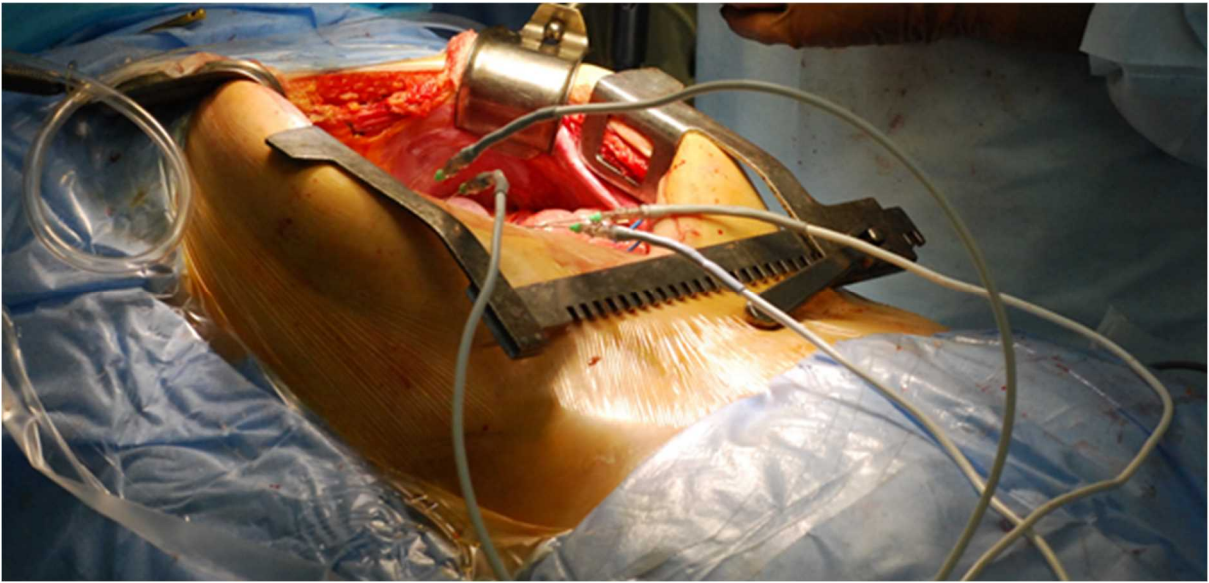


図3. 4つのサーモプローブを使用した4 cmを超える中心の焼灼術



図4. 4つのサーモプローブを使用した焼灼術中に、動作中の各サーモプローブの最後に個別の温度制御が実行される。

TA 医療機器は、（RFA 手順のように）患者の皮膚に接触している必要がある対極板（受動電極）を必要としない。これにより、電熱火傷の可能性がなくなり、超音波（図5）とMRIでの作業時に「光学干渉」が発生しなくなる。低侵襲手術用の装置であり、麻酔装置の操作には影響しない。TA 医療機器後の焼灼域の形状は円筒形で、RFA の場合は球形である。TA での加熱は、加熱がより迅速かつ同時である RFA とは対照的に、徐々に制御される。腫瘍部位が大径血管に近い場合、出血のリスクがあるため、RFA の使用は不可能である。TA のサーモプローブが徐々に加熱されるため、焼灼術域を計算し、合併症を最小限に抑えて腫瘍への影響を制御することがより簡単になる。

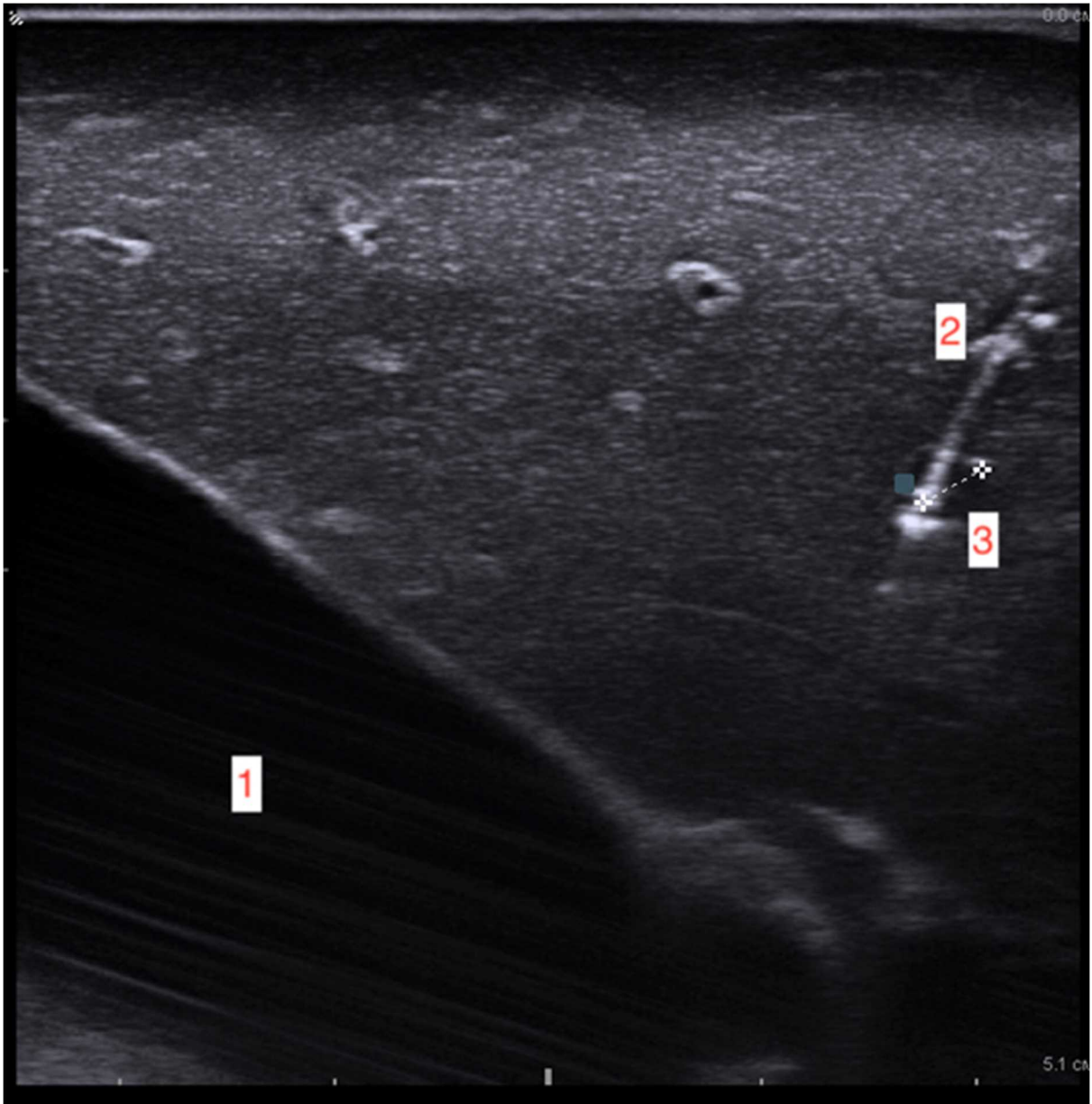


図 5. 術中超音波の制御下での肝臓セグメント 5 の嚢胞性病巣の TA 中のサーモプローブの針の領域の位置の制御：（1）胆嚢、（2）作業面はサーモプローブの冷たい部分よりも比較的対照的、（3）嚢胞性病巣 2.5 mm サーモプローブの作動部分が配置されている場所）

2. 術前の準備

すべての患者に術前検査が指示され、これにより患者の身体状態を評価し、肝障害の性質と程度を判断し、疾患の肝外症状（原発腫瘍、局所再発、肝外転移巣）を特定できる。

臨床検査には、以前に行われた手術、特に化学療法の性質、限局性肝病変の検出からの経過時間、悪性腫瘍の症状の存在、併存症の検出を考慮した既往歴データの収集が含まれる。

患者は、以下を含む認められた方法に従って臨床検査を実施する：

- 一般的な血液および尿検査。
- 血液の生化学分析；
- 凝固図パラメーターの決定。
- 腫瘍血液マーカーのレベルの調査：AFP、CA 19-9 および CEA（AVVOTT Lab JMx、標準：AFP-最大 15 ng/ml、CA 19-9-最大 37 IU/ml、SER-最大 3 ng/ml）。

転移患者の局所再発を除外するために、結腸鏡検査が推奨される（適応症-灌注法による）。

肝外播種を検出するために、すべての患者が胸部 X 線撮影または CT を行うことが指示される。

3. 超音波検査

B モードの超音波は、肝構造 formation の数、サイズ、形状、構造、輪郭、および分節 segment の位置を評価する。

二重走査は、細胞の血管新生、肝臓の主血管および大胆管との関係性を評価し、サーモプローブの将来の挿入のための安全なルートを特定する（図 6）。

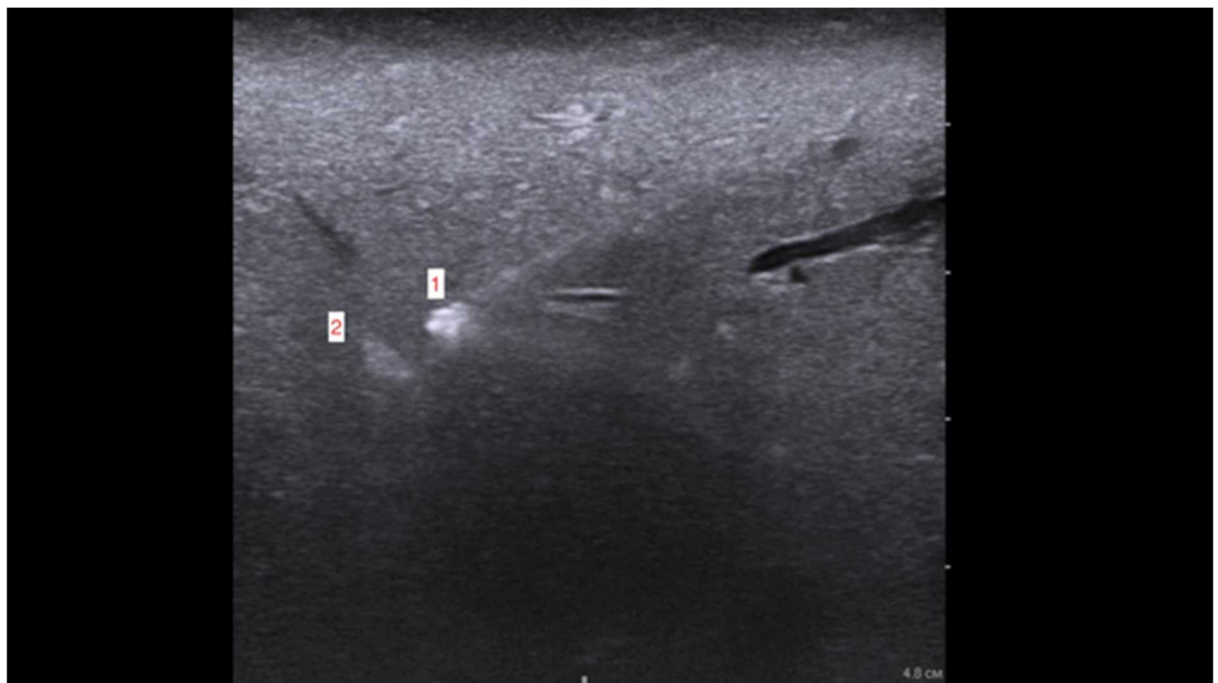


図 6. 術中超音波の制御下でのサーモプローブ針の設置、針の端の方向の制御

(1)、病巣の方向にさらに前進させるため、肝臓セグメント7サイズ3 mmに局所化(2)。

Bモードとカラーまたはエネルギーマッピングモードを組み合わせると肝臓の形成と周囲の血管の3次元超音波再構成を構築すると、肝臓の主要な血管を長期間可視化し、腫瘍に対する血管の位置を関連付けることができる。3次元超音波再構成は必要な診断構成要素ではないが、複雑な臨床および鑑別診断のケースでは、この手法を研究の追加の有益な方法として使用する必要がある。

4. コンピュータ断層撮影

コンピュータ断層撮影 CT で肝臓を検査すると、大きな転移と大きな臓器病変しか検出できない。そのような研究は、ほとんどの患者の治療法の問題に取り組むのに十分ではない[28、29]。

CT の診断能力を高めるために、自動注射器で 3 ml /秒の速度で造影を投与することにより、静脈内ボラス造影が使用される。造影走査の動脈相を得るために、造影の導入の開始から最大 30 秒遅れることができる。造影走査の静脈相を得るために、造影の導入の開始から 80 秒の遅延で走査が実行される。この静脈内投与の選択により、造影の全投与量を静脈に迅速に注入できるだけでなく、その投与を走査の開始と同期させることもできる。これにより、造影のすべての相、つまり動脈、静脈、遅延相の画像を取得できる(図7)(図8)。

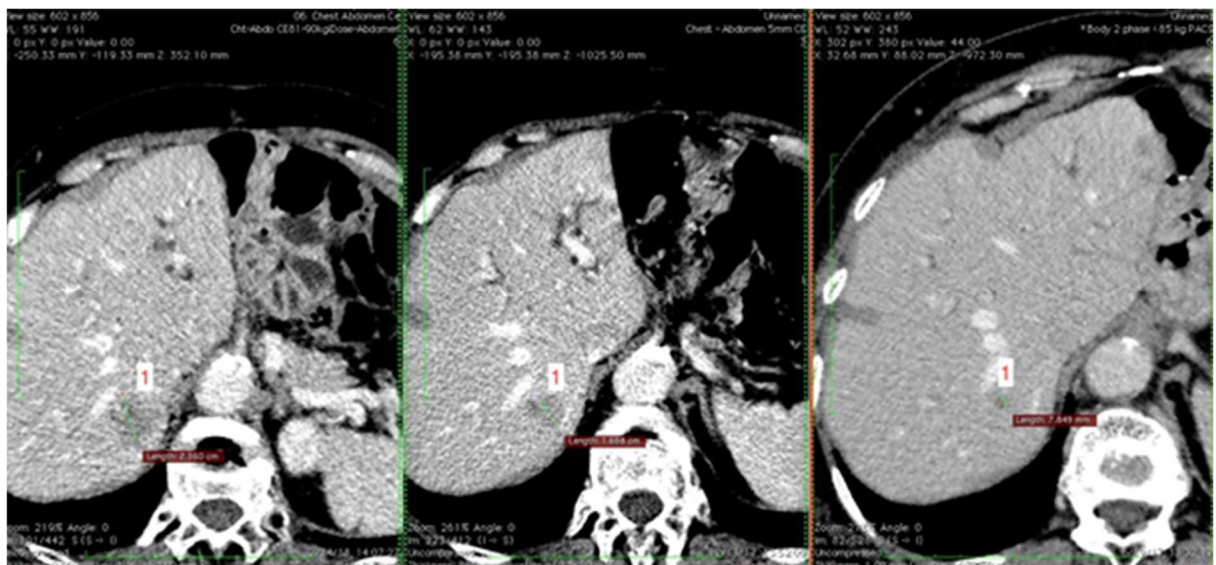


図 7. 肝臓の CT-ダイナミクスに関する 3 つの研究：肝臓の病巣 (1) が徐々に増加-セグメント 7 (右から左) とその後の化学療法中の安定化 (左端)。



図 8. (図 7 の続き) セグメント 7 (1) の一部の破壊を伴う TA 施術後の肝管理 (コントロール) の CT。

造影の静脈相は、肝内転移の大多数の診断に最も有益であるが、動脈または遅延相 (肝細胞癌の場合) でよく見られることがある。転移は、異なる肝内局在およびサイズの低密度病巣の形で定義される。追加の診断症状は、多くの転移で観察され、それらを明確に診断することを可能にする、超高密度縁の肝内病巣周辺の造影の静脈相での出現がある。

CT の造影の静脈相では、転移だけでなく肝内静脈も可視化されることが重要である。これにより、病巣の分節位置をより正確にナビゲートできる。この研究は、肝臓の影響を受けたセグメントの定義で転移の局所的局在を確立し、下大静脈、右、中および左肝静脈、幹、右および左門脈などの大きな静脈幹の腫瘍進行への関与を特定するこ

とである。さらに、可能な切除の量を選択し、焼灼術を行う可能性に取り組むための外科的戦術を可能にする[18]。

IV 造影を伴う **CT の禁忌**は、既往症におけるヨウ素含有薬物の使用によるアレルギー反応の兆候である。

3次元 CT 画像の構築は、病巣の位置特定、主な血管および胆管との接触の認識を非常に容易にする。「仮想手術」の技術の使用は、介入の最適な方法の選択を大きく決定する。

5. 磁気共鳴断層撮影法

MRI は、ラジオ波数パルスの影響下での磁場中の水素原子核の核磁気共鳴の現象に基づく、非常に有益な画像診断法である[20]。

現在断層撮影が広く使用されているにもかかわらず、研究の標準化やデータ分析のための単一のアプローチはない[21]。

次のシーケンスが最も正当化される。最初に計画走査が行われ、続いて機器の微調整が行われる。パルスシーケンスを実行するための別のアルゴリズムは次のとおりである：STIR、SPIR、b-TFE、T1 / IPh [22]。

空腹時に研究を行う必要性は本当の正当性はないが、腹一杯の朝食は胃のぜん動運動のために可視化するのが難しくなる可能性があるため、腹一杯の食事を摂らない方がよい。

STIR（短時間反転回復）-軸方向投影で実行され、開始パルスが反転パルスになる前に、反転回復によって脂肪組織からの信号を減衰させる手法である。反転時間（反転時間 TI）の値は、脂肪組織がゼロを介して負に磁化する時間に対応する。1~3 T の磁場強度では、150~180 ms である。この場合、励起パルスの時間までに、より長いスピン-スピンおよびスピン-格子緩和を有するいくつかの組織は依然として負の磁化を持つ（例えば、静止した流体）[22]。このパルスシーケンスを利用したこれらの機能により、肝臓の病巣形成を可視化し、可視化して確認できる最小の形成-3 mm で可視化することができる（図 9）。

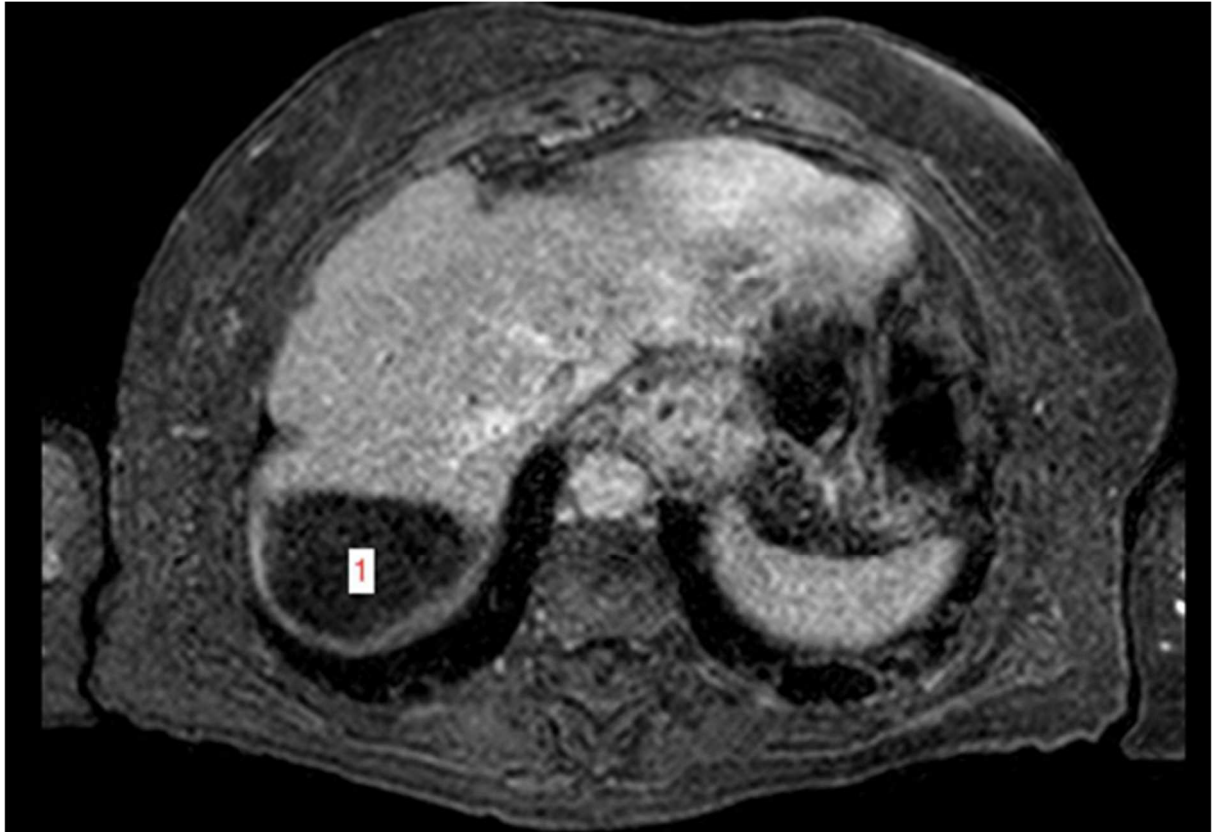


図 9. TA 後のセグメント 7 の破壊域 (1) の MRI 制御 (前の図 7、8 に示した臨床例)

同様のシーケンス SPAIR (スペクトル減衰反転回復) があるが、その先頭パルスは断熱的な形状をしており、B1 フィールドの四重極効果に敏感ではない[22])。

冠状投影 (コロナルプロジェクション) で使用される平衡ターボフィールド反響 (TFE) は、超短反復時間値を使用して静止した自由歳差運動信号を作成し、高造影の組織画像を提供する。これは、近くにある解剖学的構造との地形関係を推定するために使用される。呼吸のアーチファクトを減らすために、走査は呼吸停止で行われる。

後者は、呼吸停止、T1 / FFE / ip-双極子が同相で処理される、すなわちコヒーレントである場合、T1 造影と読み取りを伴う一連の勾配反響にも使用される。

走査するとき、層の厚さは 4~5 mm、層の数は 30~35 である。呼吸遅延は 15 秒を超えてはならない[23]。

MRI への禁忌は、MRI によく見られる-インプラント、ペースメーカー、人工関節、心臓弁、閉所恐怖症の存在。

遠隔転移の存在が疑われる場合、陽電子放出断層撮影を行うことが可能であり、その結果は、肺および骨格系の転移性病変において特に有益である。

診断を確認するには、細い針を使用する。複雑な診断の場合は、超音波制御下での層のコア生検と、その後の細胞学的または組織学的検査を行える。場合によっては、正確な診断により、生検を実施せずに画像診断法の結果および血中の腫瘍マーカーのレベルの測定と併せて既往歴データを制限することが可能である。

証拠によると、腹膜癌を除外するために診断腹腔鏡検査が行われることがある。

6. 加熱焼灼施術の適応と禁忌

一般的な適応は、肝実質の悪性結節性病変の存在であり、これは術前の段階で検出できる[24]。

限局性肝腫瘍患者に加熱焼灼 TA を実施するには、術前検査中に得られたすべてのデータを考慮して、この患者に最適な介入選択を決定することが勧められる[25]。YES は緊急類型の介入ではないが、検証された、慎重に考え抜かれた計画された操作である。

TA を実施するために以下の接近方法を割り当てる。

- 経皮的[26];
 - 腹腔鏡[27];
 - 開腹術（開腹術中に、おそらく肝切除または他の開腹手術と組み合わせて） [28]。
- すべての切除選択は、手術室で行われる。

以下の焼灼術の適応が確認された[29]：

6.1 経皮的焼灼術の適応

- 原発腫瘍の予備的根治的外科治療。
- 病変の肝外症状の欠如。
- 肝臓に複数の腫瘍が存在する（5 以下）。
- 結節の直径はそれぞれ 5 cm 以下である（以前の治療方法の影響でサイズが減少した、最初は直径が大きい結節を検討することができる）。
- 以前の焼灼術または手術後の残存腫瘍。
- 前回の肝臓の切除または切除後の腫瘍の局所再発。
- 以前の焼灼術、肝切除、またはその他の治療後の異時性転移。

6.2 焼灼術の条件

- 超音波および CT / MRI（ナビゲーションの方法に依存）中の病巣の明確な可視化。
- 腫瘍結節へのかなり安全な接近方法の可能性（主な肝血管および胆管からの十分な距離）。
- 横隔膜、腎臓、胃、腸、胆嚢の発芽がない（密着）。
- 体調の悪い状態で手術を行うことができない。
- 緊急開腹の可能性と従来介入の妥当性。
- この類型の治療を行うことに患者が同意している。

6.3 腹腔鏡下焼灼術の適応

- 明白な結合がないこと。
- すべての腹腔鏡下介入に対する標準的な禁忌でないこと。
- 腹腔鏡検査に接近方法できる領域の病巣の位置。
- 隣接臓器との接触の可能性がある被膜下の場所。これは、介入中に熱暴露から保護することができる。
- 二葉性肝疾患では、右葉に小さな小結節（5 cm まで）が1つあるが、左葉の形成は腹腔鏡で除去できる。

6.4 腹腔鏡接近方法による焼灼術の実施条件：

- 腹腔の完全な超音波制御を提供する機能。
- 緊急開腹の可能性と従来介入の妥当性。
- この類型の治療を行うことに患者が同意している。

6.5 開腹介入中の焼灼術の適応

- 二葉性肝障害。影響を受ける臓器の大部分を除去し、残存病巣に焼灼術を追加することは可能ある。
- 転移が腹腔の臓器および後腹膜腔、主血管、横隔膜と接触し、これらの領域の根治的切除が可能な場合。
- 事前に計画された共同介入。

- 病理学的病巣が切除の端に直接位置する場合、特に以前の肝臓手術後の腹腔内の顕著な結合過程。
- 外科的に切除できる肝内、臓器外転移に加えて、存在。
- 患者の満足できる全身状態。
- この類型の治療を行うことに患者が同意している。

6.6 焼灼術の禁忌

- ポリウレタン被覆電極を備えた人工ペースメーカーを埋め込まれた患者。
- クラス C (Child-Pugh 分類) の肝不全を伴う肝硬変。
- 凝固障害、これを修正することは不可能。
- 腸、胆嚢、胃壁のループの発芽。
- 腫瘍進行の転移。
- 外科治療に対する一般的な禁忌。
- この類型の治療を患者が拒否する。

7 焼灼術の麻酔学的規定

焼灼術の技術的特徴（長時間の位置決め、手術台での位置の変更、外科医と患者の接触の望ましさなど）により、この種の手術の麻酔の要件が決まる。

焼灼術を提供する麻酔の最良の選択肢は、ロピバカインの長期投与注入とミダゾラムによる局所鎮静の組み合わせである。

特定のケースでは、イソフルラン-酸素-空気またはセボフルラン-酸素-空気混合物の吸入とフェンタニルのボーラス投与に基づく機械的換気と組み合わせた全身麻酔の使用、すなわち：

- 転移巣の胃（肝臓の 2～3 セグメント）への局所的な近接。患者の 2/3 が術中の吐き気と嘔吐を起こし、誤嚥の確実な予防、つまり気管の早期挿管が必要である。
- EA への絶対的および相対的禁忌（特に重度の凝固障害および血小板減少症）の存在。これには、患者がこの類型の鎮痛を拒否することも含まれる。
- 硬膜外カテーテルの設置における技術的な困難と硬膜外麻酔の不可能性。

必要なモニタリング：ECG、心拍数、非血圧、BH、SpO₂、および呼吸器混合ガスのガス組成（人工呼吸器使用時）。

7.1 ロピバカイン 0.3%の長期投与注入の方法

クリスタロイドによる予備的な体液負荷 (10 ml/kg)、硬膜外腔の ThVIII-IX レベルでのカテーテル挿入の後、カテーテルは ThV まで行われる。リドカイン (50 mg) のテスト投与の 10 分後、ナロピンの負荷量を 0.5% 溶液として 1 mg/kg の割合で投与する。硬膜外腔のカテーテル挿入の瞬間から平均 35.3±4.8 分後に感覚ブロックの発達が起こる。この時間は、患者を配置し、超音波検査と手術野の治療を行うのに十分である。シリンジディスペンサーを使用して、0.3% のロピバカインで 0.4~0.75 mg/kg/g (客観的および主観的データに応じて) の割合でさらに鎮痛を維持する。快適な状態を作り出すために、0.03±0.01 mg/kg/g (ラムサイ 2) 結節ミカムの分割投与により鎮静が行われた [49、51、52]。場合によっては (最大 8%)、焼灼術の開始時に 100µg のフェンタニルの追加投与が必要である。

7.2 全身麻酔と機械的換気を組み合わせた方法

気管挿管は、施設で採用されている方法に従って行われる。麻酔サポート：イソフルランまたはセボフルランの酸素-空気混合物の吸入 (最小流量麻酔、最大 0.8 MAC) およびフェンタニルのボラス投与 (1.5-2µg/kg x h) [30]。

術後鎮痛は、クリニックで採用されているプロトコルを使用するか、ロピバカイン 0.2% の溶液と硬膜外カテーテルから注入速度を可変にしてエラストマーポンプを使用して、個別の用量を選択して行う。

TA は最小限の侵襲的処置にあてはまるが、経験からわかるように、最小限の局所麻酔だけでは必ずしも十分ではない。包括的な術前検査と手順の適切な計画、および病巣の数、サイズ、場所の計算により、麻酔の最適な選択を決定できる。適切な鎮痛は患者に苦痛をもたらすことはなく、計画された計画に従って治療を行うことが可能になる。

8 焼灼術の技法

8.1 超音波制御下での経皮的焼灼術

複雑さの点では、熱焼灼術は他の超音波ガイド下の穿刺手順よりもはるかに優れている。

患者は、呼吸を止める、深呼吸をするなどの必要性について外科医の指示を実行することを意識することができ、病巣の可視化に最適な条件を提供し、穿刺の精度を向上させる。病理学的病巣の位置と穿刺接近方法の最適化に応じて、患者は仰向けまたは左側に配置される。

サーモプローブの選択は、病理学的病巣のサイズと皮膚表面からの距離によって決まる。したがって、直径が最大 2 cm の中心では、作動部品の長さが 10~20 mm の単一のサーモプローブを適用できる。大きなサイズのセル-クラスター、または作動部品の長さが 20 mm のセルでも可能である。サーモプローブは「フリーハンド」の方法で注入されるが、穿刺経路に沿った通路を十分正確に追跡することができないことがある。

熱焼灼術には 5 つの段階がある。

- 計画。
- 照準。
- モニタリング。
- 効果制御。
- パフォーマンス評価。

8.2 計画と目標の段階

これらの段階は密接に関連している。介入の技術的有効性に影響を与える可能性のある戦術的側面を特定することが重要である。以前に実行された操作と接近方法について知る必要がある。これは、肝臓の断端のトポグラフィーを変更するだけでなく、切除線への固定という形で隣接する臓器との関係も変更する可能性がある。非常に重要なのは、病変のサイズ、多様性、位置、病巣を特定し、病巣への音響的および介入的接近方法を決定する進行、安全性および技術的成功の観点からそれらに対処する方法を特定することである。

直接「照準と位置決め」の段階では、腫瘍へのサーモプローブの導入の正確さがある。超音波を使用すると、道順と位置をリアルタイムで適切に可視化できる。焼灼部へのサーモプローブの取り付けの精度が高いほど、それぞれの設計とキャリブレーション機能を考慮に入れると、焼灼術がより効果的になる。熱プローブの不正確な計画と設置は、焼灼部のエネルギー処理が不十分というよりは、腫瘍組織の無傷の領域が残っている最も一般的な理由である。

単一のサーモプローブの存在下での経皮的操作中の「音響失明」を防止するために、操作の前に、異なる平面と角度で互いに取り付けられた複数のサーモプローブを使用して、焼灼術域の重なりを「シミュレート」することができる。これを行うには、焼灼部を完全に表示する必要がある。

8.3 モニタリング段階

サーモプローブを配置する場合、腫瘍の遠位境界を越えて先端のとげのある部分を可視化することが基本的に重要である。焼灼部の狙いを突き刺した後、マイクロヒーターの作業が始まる。焼灼術域形成の超音波制御と周囲の解剖学的構造の観察が行われる。最初は、サーモプローブの動作部分の両極に明るい高反響構造が現れ、徐々に高単一の高反響領域に融合し、サイズが大きくなる。

サーモプローブが焼灼部の中心に正確に配置されていることを確認するために、サーモプローブの位置をいくつかの点から常に監視することが重要である。

一時的な高反響域（同義語-「超音波嵐」、「超音波雲」、「スノーフォール」、「ガスベール」、「ガス放出」）が、焼灼部を 1 cm 超えて完全に覆った後、マイクロヒーターはオフになる。曝露時間は病変の性質（密度、水分含有量、サイズ）によって異なるが、通常は 10～15 分である。長時間の露出は高反響域の大幅な増加には寄与せず、フォーメーションの一部が変更されないままである場合、追加のサーモプローブを導入し、さらに 10～15 分の術期を実施することが可能である。

有効性制御

有効性の制御は、操作の瞬間から決定され、高反響領域のサイズを反映する。高反響領域は、少なくとも腫瘍アレイを完全にカバーする必要がある。ただし、一時的な高反響領域は、その後の壊死の実際のサイズを超える治療の即時領域を保護し、腫瘍への影響の完全性の「現在の」評価とサーモプローブの位置のさらなる調整の可能性を奪う。

焼灼術が完了すると、破壊領域は明るく高反響になり、広い音響シャドウが得られる。その直径は転移の初期サイズを少なくとも 1 cm 超える必要がある。

サーモプローブの偏心した位置が検出されると、出血や腫瘍の播種を避けるために古い穿刺管の予備熱処理で病巣が再び穿刺さる。または、追加のサーモプローブが病

巢に挿入され、いくつかの点から治療される。いくつかの隣接する病巣の存在下で2つ以上の熱プローブが導入され、隣接部を処理した後の焼灼部の「喪失」を回避する。

サーモプローブは、マイクロヒーターの最高温度で肝実質から抽出される。したがって、穿刺管の熱処理が達成され、出血および腫瘍の播種が防止される。熱プローブの取り外しは、主血管、胆管、中空器官の熱損傷を防ぐために超音波制御下で実行する必要がある。

8.4 性能評価の段階

サーモプローブの温度は、TAの開始前に決定され、常に測定される。通常の間では、60~95°C、平均60~70°Cになる可能性がある。低温では、焼灼術域が不十分になる可能性がある。

経皮的焼灼術の有効性を高めるために、プロトコルが開発されました：

8.5 経皮的焼灼術のプロトコル

- 1つの焼灼術期で治療できる病巣は5つまでである。
- 寸法1~5 cm（できれば1.5~3 cm）。
- 患者の位置は、焼灼部への最適な接近方法を提供する必要がある。
- 最適な鎮痛-増強を伴う硬膜外麻酔；
- 注入回数は、焼灼部のサイズ、サーモプローブの発熱部分の長さ、使用するサーモプローブの数によって異なる。
- サーモプローブの設置と位置の超音波制御は、いくつかのポイントから実行される。
- 最小必要温度 (> 60°C) に達した場合、「ガスバール」の音響効果を考慮して、焼灼部の焼灼術域によるオーバーラップを達成する必要がある。
- 穿刺管の熱処理が必要である。
- 手術術期中および術後、実質内、被膜下、および肝外液の蓄積の様子を評価する必要がある。

以下の場合、超音波ナビゲーションは実行されません。

- 腫瘍は等反響構造を有しており、鮮明な超音波画像が見つからない。
- ガスを含む臓器（肺、腸）または骨は、腫瘍の反射またはサーモプローブの設置経路を複雑にする。

- 高反響域の形成により、関心のある領域でのサーモプローブの正確な複数の配置に信頼性がない。

このような状況では、CTを使用して可視化とガイダンスを実行する。

腫瘍の病巣の表示とその破壊の到達範囲が超音波とCTの制御下で同じように便利な場合、外科医が好む方法を優先して、クリニックの機器に応じて選択が行われる。

8.6 CT制御下の経皮的TA

介入技術の以下の特徴は重要である。

- ガントリー（断層撮影機の環状部分）は、患者の体に部分的に挿入された機器を操作できるように十分に大きくする必要がある。ツールのハンドルは常に皮膚から少なくとも10 cmの距離にある。
- 利便性と無菌性のため、CTモニターは常に介入が行われる部屋に配置されている。テーブルの動きを制御するペダルスイッチの存在は非常に重要である。
- 患者と医師への曝露を最小限に抑えるため、線量と時間を制限する必要がある。ナビゲーションに必要な画質は通常、診断テストの品質よりも劣る。
- 画像を再構築するには、走査時間を可能な限り短縮する必要がある。このため、リアルタイムCT走査またはPET-CT走査は、再構成時間が0.2秒未満で、1秒間に8つの画像のレートで使用される。これにより、ほぼリアルタイムで介入を実行できる。ただし、この機能には1つの重要な欠点がある。リアルタイム（PET-CT）では、X線がこの領域に照射されている間、針は医師の手によって保持および誘導される。これにより放射線量が増加する。この副作用は、次のようにして克服できる。
 - a) 医師が針を挿入できるように設計された特殊なサーモプローブホルダーを使用し、X線に手を触れないようにする。
 - b) 「クイックコントロール」の手法を適用する。つまり、サーモプローブとして毎回繰り返される1つの「スライス」の短い走査を使用する。

焼灼術の段階は経皮的接近方法の場合と同じである。

穿刺管の熱処理も必要である。

焼灼術期の直後は、液体の被膜下蓄積の検出と、臓器周囲のスペースでの検出、または腹腔内の自由な液体の出現に重点を置く必要がある。

8.7 腹腔鏡下焼灼術

腹腔鏡焼灼術の利点は、被膜下腫瘍の破壊を視覚的に制御できる可能性と、「隠れた」病巣を検出するために経皮吸収よりも優れた腹腔鏡超音波を実行できることである[31]。腹腔鏡下焼灼術はまた、中空器官への損傷を防ぐ可能性が高くなる。腹腔鏡下接近方法は、E. Berber と共同執筆者によって非常に詳細に開発された[32]。

施術の道順：

- 患者の背中の位置に（腫瘍の位置に応じて左側または右側に回転させて）、標準的な方法の1つにより、気腹が賦課される（針 Veresh、または開腹法（ハッサン法）を使用）；
- 腹腔鏡用の 10～12 mm の内筒針を臍周囲領域に挿入する。腹腔鏡と肝下空隙に内筒針の設置ができる。
- 腹腔の監査が実施される。
- 右の軟骨下に、超音波センサー用の 12 mm ポートが確立される。
- 必要に応じて（胃の除去、腸のループなど）、さらに施術道具用の内筒針が付加的に挿入される。
- 電極（サーモプローブ）を腫瘍の上に経皮的に挿入し、視覚および超音波の制御下で肝実質に浸す。
- 焼灼術の段階は経皮的介入の場合と同じである。
- 穿刺管の加熱処理も行う。
- 穿刺部位からの止血を視覚的に制御する。
- ポートの設置場所を介した腹腔の排水が可能である。
- 気腹を解除する。
- 内筒針の 10 および 12 mm の設置場所、特に傍臍帯における腱膜の縫合。

重要なことに、このタイプの介入の患者を選択する基準の 1 つは、特に上層階または肝臓や腸への介入後に、腹腔内への（他の）安全な処置方法がないことである。関節を分離すると、介入時間が長くなるか、非常に困難になる。この状況では、腹腔鏡下接近方法で焼灼術を行うことは主な選択肢でなくなる。焼灼術を経皮的に行うか、開腹下で行うかを再検討すること。

腹腔鏡接近方法を使用すると、外科医は、その配置中の電極（サーモプローブ）の動きと超音波センサーの動きが大幅に制限される。さらに、腹腔鏡焼灼術は空洞手術であり、常に全身麻酔下で行われるため、合併症の可能性が高くなる。

8.8 焼灼術（開腹接近方法）

結腸の原発腫瘍の切除、肝切除、または顕著な結合過程が同時に計画されている場合、開腹切除は特に正当化される。この場合、切除には肝臓への十分な接近方法が必要である[29]。外科医が臓器の十分な可動性、すなわち肝臓の有意な可動性を確保することを必要とする、手術野における電極（サーモプローブ）の特定の操作性を有することが非常に重要である。焼灼術と肝切除を組み合わせる場合は、J字型の接近方法が推奨される。

介入中に結腸原発腫瘍の除去の最初の段階が計画されている場合は、中部開腹術が優先され、必要に応じて、さらに開腹することができる。

術中超音波検査には、ドップラー機能を備えた滅菌済みの小型センサーと、特別なアダプターが使用される。これにより、病巣の標的を絞った穿刺を実行し、その血管環境を制御できる。術中の焼灼術の作動において中心領域の可視化がより明瞭になる。適切な滅菌を備えた従来のリニア超音波センサーを使用することも可能である（図10）。

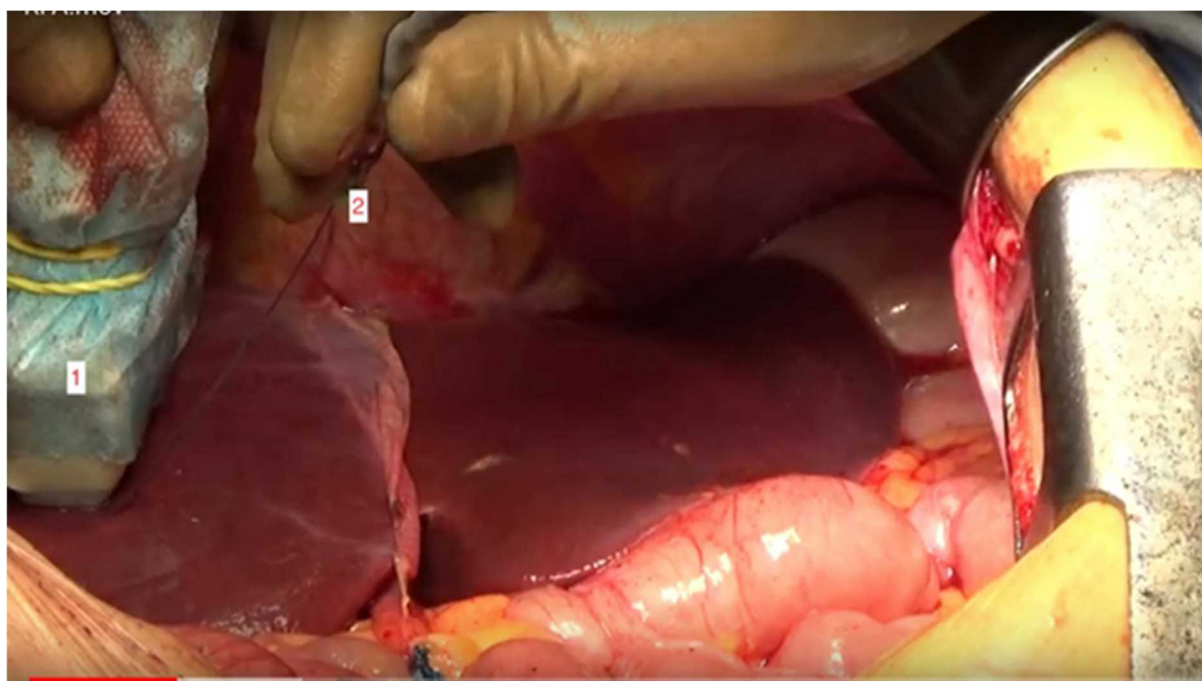


図10 .開腹手術による、肝臓セグメント5の病巣の焼灼術：

(1) 術者の左手で線形標準超音波センサーを使用し、および (2) 術者の右手で TA の針 (サーモプローブ) の方向設定を使用することにより実行した。

開腹加熱焼灼術 TA の工程の主な実装は、経皮的焼灼術の場合と同じであるが、(サーモプローブと) 穿刺管を強制的に加熱処置することを伴う。

単独術式として焼灼術を使用すると、確実な止血と凝固障害のない状態で、排液を設置せずに、手術を完了することができる。

9 加熱焼灼後の術後期間の実施の特徴

経皮的 TA の後、患者は通常病棟に移送され、そこで病床の状態が数時間観察される。将来的には外来でのフォローアップも可能である。最初の 1~2 日は適切な麻酔 (特に、患部の大きなサイズまたは転移巣の被膜下の位置で重要) と、少なくとも 1.5 リットル (1 日目) の (捕液) 注入解毒療法がなされる。原則として、非ステロイド性抗炎症薬の使用で十分である。少量の破壊された単一の中心部の場合、および焼灼後症候群の発症のリスクが低い場合には、注入療法を控えることができる。予防的な抗菌治療は行われていない。抗菌薬は合併症の場合にのみ処方される。

1 日目は、超音波検査と MRI を実施して、TA の妥当性を判断し、介入によって起こりうる合併症を特定する。

経皮または腹腔鏡下 TA 後の患者の管理の性質は外来で行われ、他の経皮的穿刺介入とほとんど変わらない。

腹腔鏡下 TA 後、患者は覚醒の期間中 2~3 時間集中治療室に移送される。さらに、内筒針の部位や、腹腔鏡下での介入後の創傷ケアが必要である。

TA を使用した開腹 TA および肝切除後の患者の管理は、従来 of 肝介入後と同じである。

術後道順の特徴。

TA の生理学的影響は、炎症の古典的理論の基準に従って発現する、熱性肝障害に対する身体の局所的小および一般的な反応である。

炎症反応には 3 つの段階 (相) がある :

1) 変化;

2) 浸出;

3) 増殖。

術後期間には、炎症の最初の2つの相が発現する。第3相に関連する現象は、長期的に観察される。

肝臓は身体検査のための接近方法が制限された臓器であるため、局所反応は主に画像技術によって評価される。これらの臨床研究および実験室研究は、全体的な反応を評価する上で重要な役割を果たす。

TA では、腫瘍と隣接する肝実質への高温損傷の結果として組織の変化が起こり、MRI で可視化される凝固壊死の域に置き換わる。

同時に、細胞溶解酵素（アラニンアミノトランスフェラーゼおよびアスパラギンアミノトランスフェラーゼ）の血中への放出がある。

高酵素血症は一時的であり、その臨床症状はしばしば見られず、3日目から酵素レベルが徐々に低下する。

患者のビリルビンのレベルはしばしば正常である。

変化に続いて、電極（サーモプローブ）の領域の痛みや、TA の域の周辺にある組織浮腫の増加現象によって局所的に現れる滲出の相が、最新の画像技術を使用して検出される。任意の接近方法によって TA が実行された後、患者はさまざまな重症度の痛みを経験する。経皮的介入の後、単発例にのみ、麻薬性鎮痛薬の予約が必要である。

このときの生物の一般的な反応は、後芽球性症候群と呼ばれる症状複合体によって表される[30]。一般的な脱力感と高体温が含まれる。程度の差はあるが、患者の半数以上で高体温が観察される。高体温の重症度は、肝臓への熱損傷の量、生物の個々の反応性、腫瘍の性質などによって決まる。穿刺領域の痛みは、TA 施術の方法（サーモプローブの除去が遅すぎる）が原因であることが多いことに注意する。極端な場合、これにより、穿刺部位で火傷をする可能性がある。

これらの否定的な現象は簡単に安定し、長期入院を必要としない。開腹 TA 後の入院期間は、ほとんどの場合 3~4 日を越えない。

10 術後検査の方法

TA 後のすべての患者は、介入の技術的有効性を評価するために腹腔の超音波、MRI および/またはCTを実行することが与えられた（つまり、残存腫瘍の検出、その破壊が実行された）。

検査行為は、以下のプロトコルに従って正当化される。

10.1 TA 術後の患者管理のプロトコル

TA 後 1 日目-超音波*、MRI *;

TA 後 2 日目-超音波;

TA 後 3 日目-超音波;

TA 後 5 日目-超音波;

2 ヶ月で。 -超音波*;

5-6 ヶ月で。 -超音波*、MRI *;

9 ヶ月後 -超音波*;

12 ヶ月後 -超音波*、MRI *;

18 ヶ月で。 -超音波*

24 ヶ月で。 -超音波*、MRI *;

30 ヶ月で。 -超音波*;

36 か月後 -超音波*、MRI *;

*-腫瘍の進行の検出時-対応する治療を行うかどうかの問題の決定。

10.2 TA 術後の超音波制御

術後早期の超音波検査は、アルゴリズムの必須構成要素であり、1、3、5 日間、または必要に応じて、最初の 7 日間の頻度で行われる。

超音波検査の主なアクセントは以下を目的としている：

- 病巣の治療、TA の域に隣接する構造の治療の完全性を判断するために、焼灼術後の変化の域を確認する。
- 初期の合併症（胆管の損傷、血管構造、白の形成、血腫、被膜下液の蓄積）を排除するために穿刺管の道順で;
- 自由な腹腔では、体液の蓄積（胆汁、血液）の存在が排除される。
- 胸膜腔内-液体がまいこと。

初日には、TA の領域に隣接する肝実質の浮腫の領域に明確な境界と病巣の兆候があつてはならない。

術後初期の破壊域は中心部を完全にカバーする必要があり、ほとんどの場合、反響源性が不均一に増加する。

術後 2 ヶ月までのフォローアップ中に完全な焼灼術を行いる。無菌性壊死の発生による破壊域の減少があり、後に高、低、および無響領域の領域が出現する一壊死塊の圧縮および線維性被膜の形成。

焼灼術後の遠隔期間では、破壊の領域には体液の蓄積があり、病院から患者を退院させるまで診断されない。これは、熱に曝された域に「進入」した血管分泌構造からの壊死性かさぶたの断片が徐々に拒絶され、壊死の空洞に胆汁または血液が浸出（流入）するためである。特定の要因が存在するいくつかの場合（胆道消化性吻合または胆汁ステントを持つ患者）では、腸内細菌叢が胆汁枝管および TA の領域に逆流する可能性が高く、これにより肝膿瘍の形成を伴う二次感染につながる。

（回復）動力学における制御超音波検査は、明確に定義された間隔で実行される。焼灼術域の超音波画像の長期的な変化は、壊死組織のさまざまな変化による不均一性の増加として定義される。これは、「多彩な」高反響一等張構造の形をとることができ、反響信号の背側擬似増幅を決定できる。TA の高反響領域の明確な輪郭の存在は、線維症の徴候と見なされる。

遅延超音波モニタリングの段階では、穿刺による焼灼術源（サーモプローブ）の反響源性と局所再出現領域を特定する動力学画像と比較してすることが重要である。これは、凝縮された高反響壊死組織の輪郭に相対する「低反響の耳」であることが多い。TA 域の周辺にある低反響組織の領域の検出は、腫瘍進行の疑いとして見なされる。

推奨事項

超音波検査は、TA の計画における診断段階と術後期間のモニタリングの両方で最も一般的である。CT や MRI などの方法ははるかに有益で効果的であるが、その単純さ、コンパクトさ、安さ、放射線被曝の欠如に起因する超音波は、悪性肝腫瘍の切除方法において重要な役割を果たす。

10.3 TA 後モニタリングにおける MRI の役割

組織への局所的な温熱曝露は、デオキシリボ核酸合成の破壊をもたらし、腫瘍細胞タンパク質の変性を引き起こし、細胞膜の脂質層を破壊する。これらすべては、最終的にはアポトーシス（細胞自死）効果の発現につながる[20]。

肝内腫瘍リンパ節の TA のモニタリングには、介入の有効性と徹底性の評価が含まれる。さらに、術前段階での MRI の実施により、適切な TA の可能性を判断することができる。

MRI（磁気共鳴画像）は可視化機能と優れた組織造影により、生存可能な実質と失活した領域を区別することができる[20]。TA 域[23]の制御における MRI 法の高い情報提供性（証拠クラス C）は証明されたと見なされる。介入前と同様にすべての MRI 技法順序（シーケンス）が実行される（STIR、SPIR、SPAIR、平衡型 TFE、T1 FFE / ip）。

STIR シーケンス：術後モニタリングでは、破壊域に特定の不均一な信号があるが、完全な焼灼術の初日におけるその周辺域は、臓器の温度変化の結果として隣接する実質の初期の術後滲出性変化を反映する薄く均一な高強度の縁で表される。

SPIR：この投影法を使用すると、肝臓の左葉の状態を評価できる。胃の近くにあるため、軸投影では常に可能とは限らない。

Valanced-TFE が、呼吸によるアーチファクトを低減して、ラジオ波焼灼術の領域の形態構造関係を、幾つかの解剖学的構造に合わせて、評価に用いられる。走査（走査）は呼吸停止で行われる。

シーケンス **T1 / FFE / ip** は、TA 破壊の域に凝固壊死の生成物（主に変性タンパク質）が含まれているため非常に適切である。したがって得られた断層像では区別される。

焼灼領域自体は造影剤を蓄積せず、造影 MRI 走査を使用しても追加情報は提供されない。新鮮な肉芽組織の花冠状物は造影剤を積極的に蓄積する。このことは、造影強化検査において可視画像が転移領域に似ているので、転移領域と導き、診断エラーとなる[8]。

後日、部位 TA の周囲に形成された線維組織が造影を明確に蓄積しないため、造影増強も効果がない。

MRIは、介入後の最初の日、または2週間後に指示される。これは、2日目後に浸潤性浸潤性の肝実質の変化を引き起こし、破壊領域の評価が非常に複雑になるためである。

推奨事項

術後の術後モニタリングには *STIR* で十分であるが、*STIR + T1FFE* が推奨される。

TA の有効性に関する初期の基準は次のとおりである。

- 腫瘍組織の壊死領域の完全な重複（一致）；
- 周囲に断片が残っていない。

それらがMRIおよび適切な超音波撮像（撮像）で検出された場合、数日で追加のTA術期を実行することが可能である。

将来的には、MRIは計画されたスケジュール（6か月に1回）だけでなく、疑わしい超音波画像で「オンデマンド」で実行できるようになる。

その後の各研究は、以前に実施されたものと同様の条件下で実施されるべきである。

MRIは、不完全な破壊および/または長期の腫瘍増殖の兆候を最も正確に識別する。

また、*TA* の有効性に関する後期の基準は次のとおりである。

- 繊維状縁からのMR信号の均一性。
- *TA* 域の周辺に局所再発はない。

術後の肝臓のCTとMRIとを選択するか、次の理由からMRIを選択した。

- 放射線被曝がないこと。これにより、必要な頻度で繰り返し検査を行うことができる。
- 転移巣および変化していない肝実質への*TA*の領域の高い組織造影。
- 凝固壊死の領域だけでなく、サーモプローブの穿刺チャンネルも明確に可視化する機能
- 造影なしの*STIR*モード（短い反転時間）で十分である（図11）。

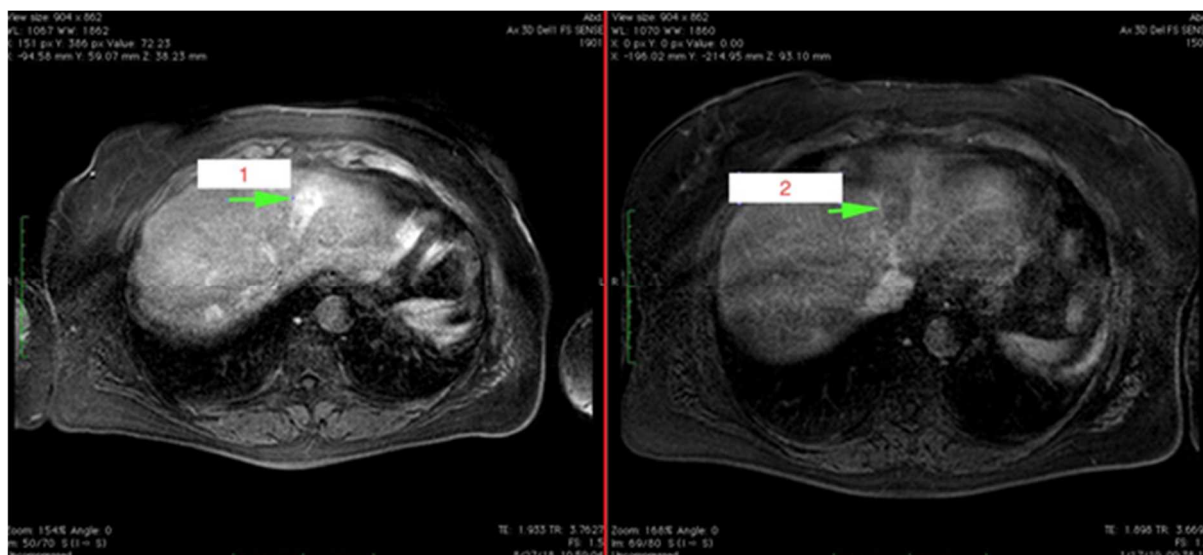


図 11. 肝臓のフォーカスセグメント 4 の焼灼術域の効果の MRI コントロール (矢印)。TA の前 (1) および後 (2) の MRI。

さまざまな診断方法の組み合わせにより、成長の継続 (局所再発) の領域をできるだけ早く特定したり、適切な治療の問題をできるだけ早く解決するために新しい病巣の出現を検出したりできる。

10.4 TA の有効性を監視する CT の可能性

術後期間にコンピュータ断層撮影 CT を実施すると、断層写真上の TA の領域が肝臓の低密度領域の形で検出され、その濃度測定値は約 30~40 単位に減少する。H (図 12、図 13)。



図 12. 肝臓の病巣フォーカスセグメント 2 (矢印) の焼灼術域の効果の CT コントロール。CT (軸投影) の前 (1) と後 (2) TA。

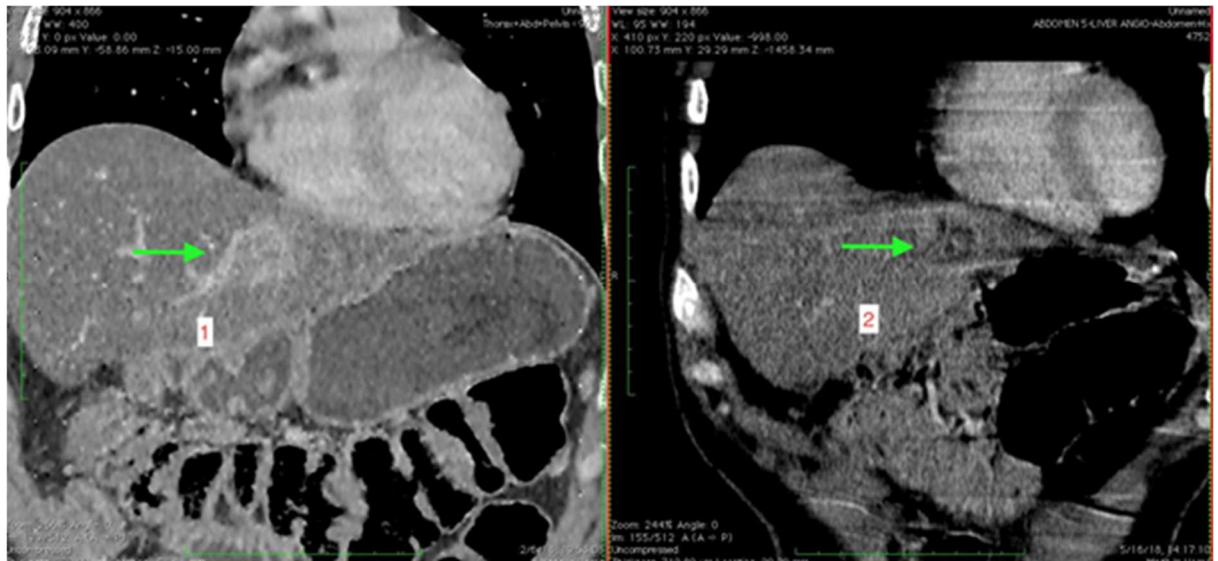


図 13. 肝臓の病巣フォーカスセグメント 2 の焼灼術域の効果の CT 比較（矢印）。
CT（正面投影）の前（1）と後（2）AND。

介入なしの TA 域と残存肝内転移の画像は、特に元の検査では非常によく似ており、それらの視覚的な境界の可能性は、介入後の経過時間に大きく依存する。したがって、介入後の最初の 1 か月の間に、TA 域の密度は 30 ユニットに減少する。N.通常、残存転移の密度よりも大幅に低いため、元の研究でそれらを明確に区別できる。

2 か月後、TA 域の密度も残存転移の密度よりわずかに低くなるが、元の検査ではそれらを確実に区別することは困難である。ボラス造影であるパイラルルコンピュータ断層撮影を実行すると、違いはより明確になる。この場合、TA の域は造影を蓄積しないだけでなく、造影のある周囲の組織の背景に対するそれらの濃度測定値もわずかに減少する。

肝内転移の造影剤の動力学は異なり[33]、ボラス造影で CT を実行すると通常は密度が低くなるが、転移巣の密度測定指標は、動脈と静脈の造影相でわずかに増加する。その後、動力的観察下では、焼灼領域に対応する低密度領域のサイズが徐々に減少し、密度が増加する。焼灼術の小さな領域の可視化は、時間の経過とともに悪化する可能性がある。したがって、ボラス造影で CT を実施した場合でも、他の肝内転移の背景にある TA の小さな領域を検出するための、介入から 4 か月は問題となる可能性がある。

TA の広い領域では、断層像での可視化は介入後数年間維持できる。

したがって、肝実質と他局所の新しい病巣の出現（移植腹膜転移、肺転移、肝十二指腸靱帯のリンパ節の病変、他の所属リンパ節、縦隔のリンパ節）の両方で、進行の一般化兆候をより完全に認識することができるものとして、ボーラス造影 CT は段階的 TA 工程実施には非常に効果的な制御方法である。これにより段階的 TA をさらに実施することは非現実的になり、そのような患者には化学療法を含む他の治療が適用することが好ましい。

不完全な TA を使用すると、はるかに大きな問題が発生する。元の研究では、TA の領域の背景にある転移組織の残りの領域がほとんど表示されないか、まったく表示されない場合がある。

小さなサイズ（最大 1.5 cm）の残存転移を対比すると、TA 域は不均一な外観を呈し、二次病巣の明確な可視化はない。このような場合、造影域 TA の動力学によって腫瘍成長の継続が疑われる可能性がある。ボーラス造影を使用した CT 中にその濃度パラメータは減少するだけでなく、わずかに増加する可能性がある。その後、転移巣が拡大するにつれて、造影の静脈相で最も明確に見られる焼灼術の低密度域の背景に造影が局所的に蓄積する形で静脈内ボーラス造影を用いて、後者が CT で可視化され始める。

転移の再発の診断は、腫瘍の周囲にある胆管の拡張を検出することに役立つ。大きなサイズの転移（4~5 cm まで）でのみ、高度造影対比縁（リム）の静脈相で検出を行うボーラス造影を伴う CT を実行する際に、それらの正確な可視化が留意される。

推奨事項

CT の使用は、転移の診断および TA の前の期間における治療戦略の治療、ならびに範囲外である場合の破壊後の肝臓の残存および新たな二次病巣の出現の診断のために適切であると考えることができる。

同時に、TA の領域の評価-ボーラス造影で CT を行う場合を含む、肝臓に残存する小さな転移の診断は十分に効果的ではない。これは、保存された転移と酷使された肝臓の非生物組織の両方が、通常、密度測定パラメータに有意差なく、低密度または不均一な領域の形で提示されるという事実によるのである。

TA の領域に保存されている転移を診断するには、MRI を推奨する必要がある。これは、転移の可視化の違いと肝臓の非生物組織が非常に効果的な方法であることが証明

されているため、小さな検査を含むすべての保存されたものを元検査で検出することもできる。

CT には、実施された TA の妥当性を評価する独自のかなり限定された機能であるが、進行の一般化の兆候と直後の術後期間の合併症を特定するための CT の使用は正当化される。

11 加熱焼灼の有効性評価

TA の有効性の一般的な概念には、いくつかの側面がある。

- 技術有効性;
- 治療効果;
- 経済性。

医学文献において、用語「有効性」は、介入の技術的有効性、すなわち腫瘍の完全な破壊を実行する能力を指す。

古典的な肝臓の切除の場合、腫瘍の根治的切除の基準（腫瘍の端から 1 センチメートル以上の健康な実質組織）が長い間定義されている、TA の場合、ほとんどの病巣を形態学的に調べることができない。放射線診断の最新方法（超音波、CT、MRI、血管造影、PET）を使用した動的観察では再介入必要性に対処できるため、TA 後の結節は依然として疑問視されている[35]。図 14、15、16

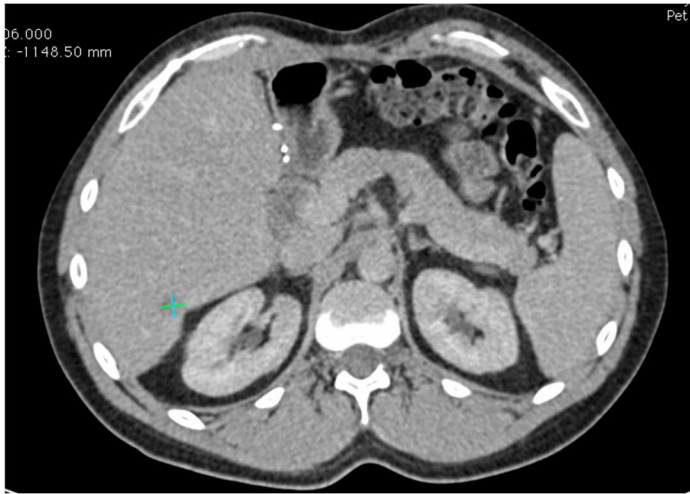


a

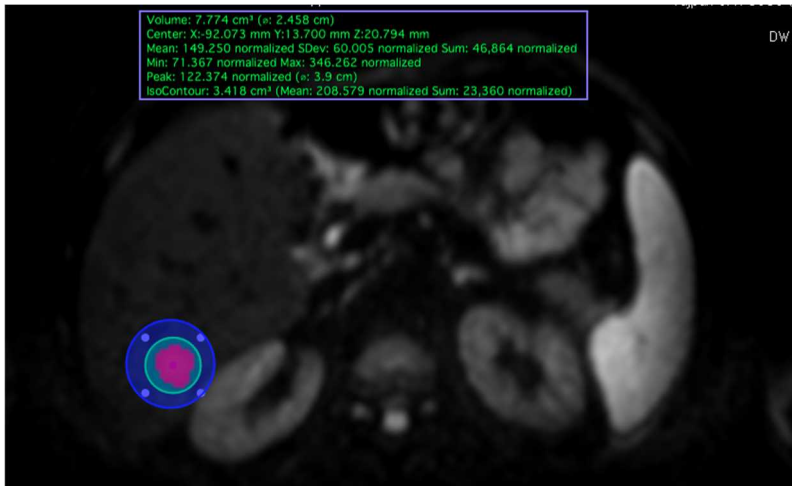


b

図 14. CTデータに基づくTAの計画-PETデータを使用したVIセグメントの結腸癌の転移 (a-frontal、b-軸方向の投影)

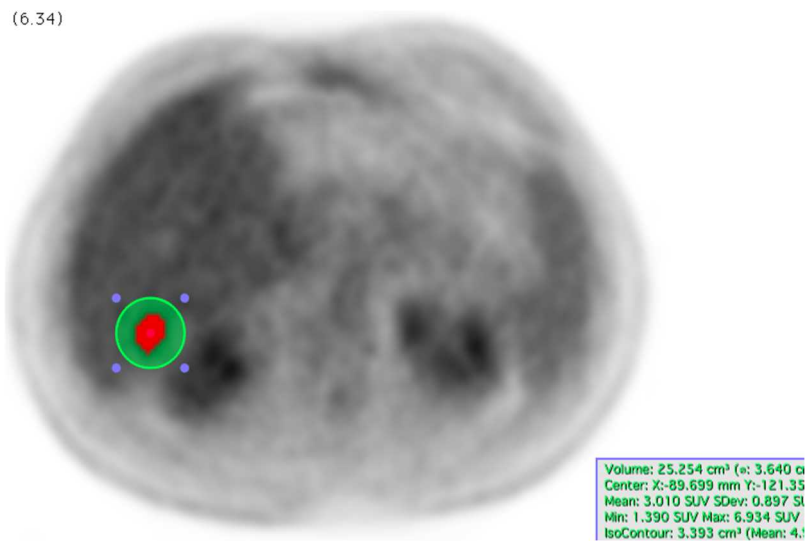


a



b

(6.34)



c

図 15. 継続-焼灼術計画の前に、CT (a) 、MRI (b) および PET (c) が焼灼術領域計画と比較された。 続き MRI (a) と 18-FDG PET / CT (b) が焼灼術の質を評価する (MRI の体積測定は、VO (対象体積) I として自動的に計算された体積を使用して B800 拡散関で実行された)。 PET での体積測定は、VOI で自動計算された体積 (体積肝臓の S6 の関心領域で、病巣が推定された。これは、造影後走査によると (CT および MRI 走査で) 1.1×1.2 cm である。DWI MRI の最初の方法の代謝容量は 3.41 cm で AC PET の 2 番目の方法による代謝容量は 3.39 cm³ であった。



図 16 .継続-超音波手術中の病巣 1.1×1.2 cm の可視化

撮像方法に関係なく、TA の有効性を評価するための主な規則は、治療の前後に同じ研究方法の組み合わせを使用して患者を検査することである。超音波と MRI を実行す

ることが望ましい。腫瘍結節の破壊の完全性の評価は手術室で開始される。術中超音波データによる一過性高反響領域が腫瘍の病巣を完全にカバーする場合、TA は技術的に成功したと見なされる[36]。TA 域の形態学的研究のための国立癌研究所からのデータは、図に示されている。図 17、図 18。

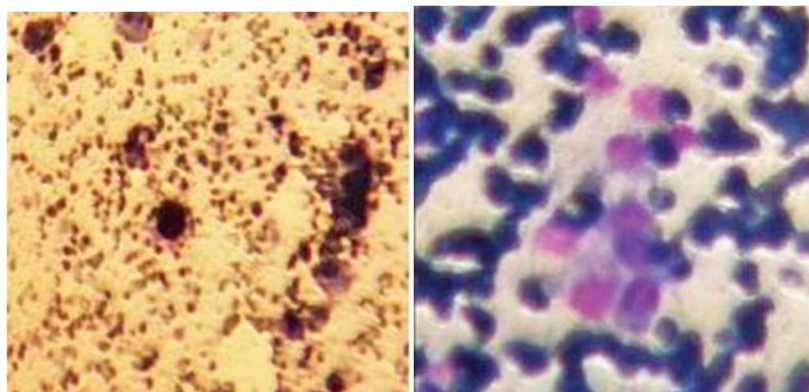


図 17. 破壊領域の形態学的研究のデータ：結腸腺癌の肝臓への転移および TA 後の凝固壊死の非構造化塊。

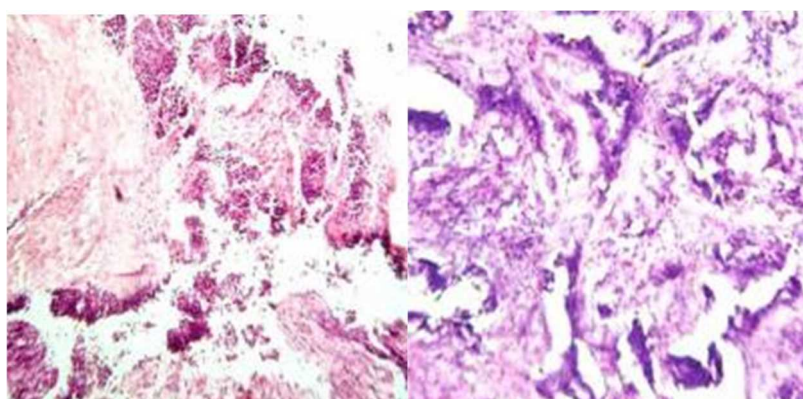


図 18. 破壊の領域の形態学的研究のデータ：TA の発症から 15 分後の組織型の喪失および組織の断片化解消。

病理結節が完全に覆われていない場合（近くに大きな血管が存在する、安全な穿刺チャンネルがない、患者の全身状態の悪化により介入を中断する必要がある）場合、そのような TA は技術的に失敗したと見なす（図 19、図 20）。

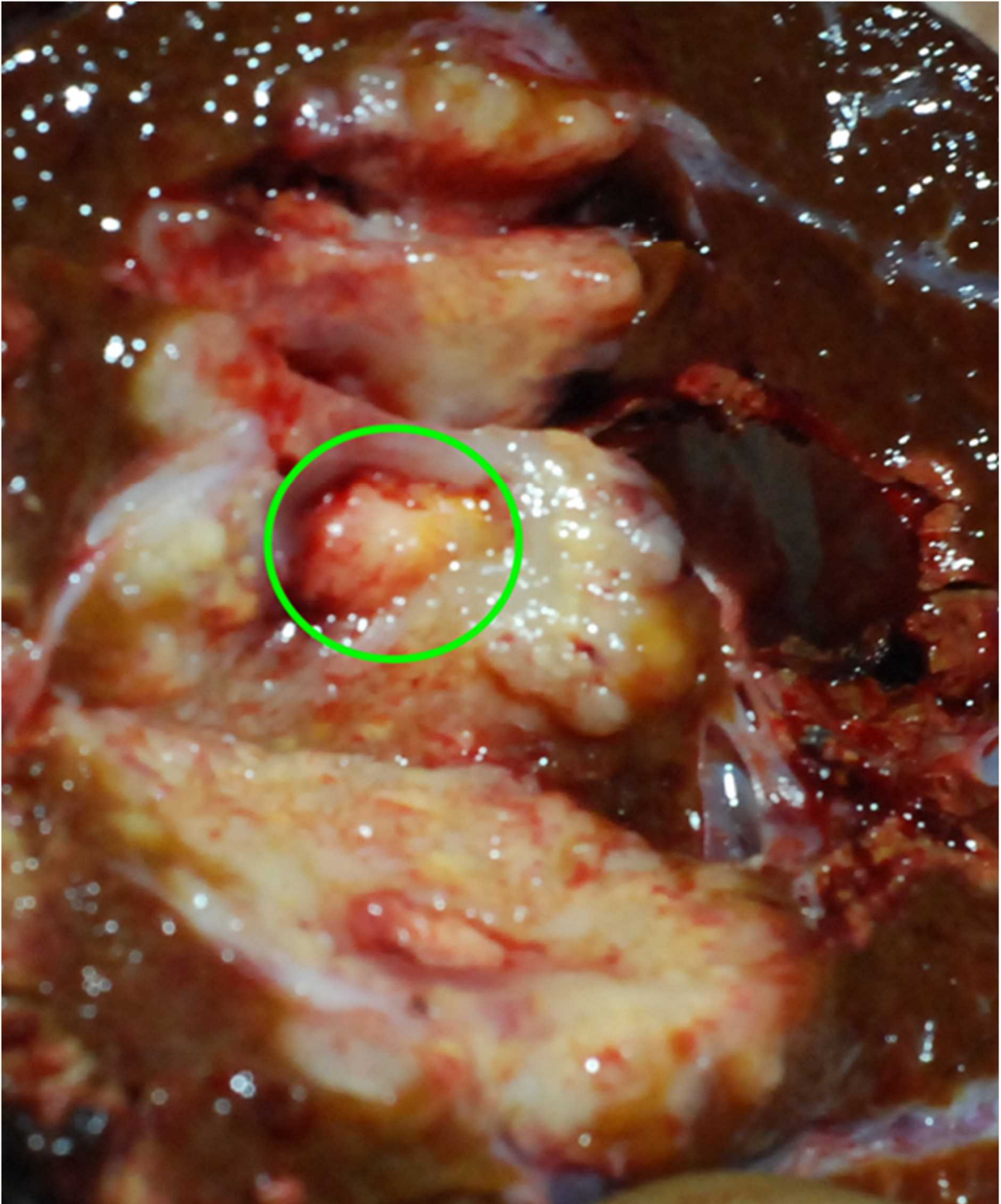


図 19. TA 域が中央にある肝臓へのマクロドラッグ（緑色の円）。これは1分で達成される。

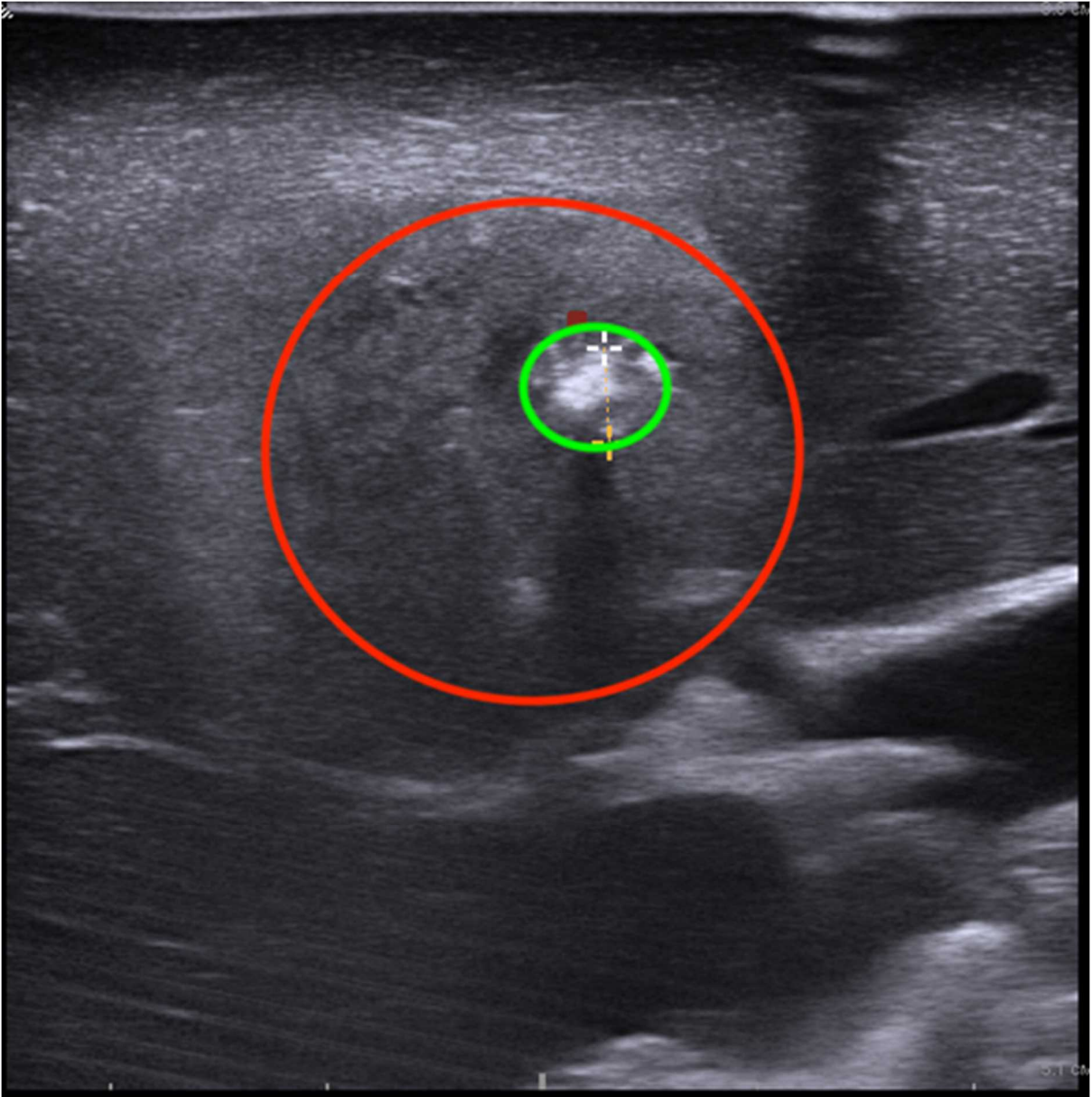


図 20 臨床症例の超音波データ（図 19 に続く）。肝臓のセグメント 5 の転移性壊死の域（赤い円）の可視化で、1 分で達成された。（緑色の円）。

術後期間では、一過性高反響域が徐々に消え、最初の週の超音波検査での TA の病巣は不均一に見え、高反響領域と低反響領域で構成され、ほとんどの場合、（腫瘍の）生存率を判断することができない。低反響域は、残存腫瘍の破片である場合と、穿刺チャンネルに沿った局所病巣停止または出血の域である場合がある。この期間中は、超音波を使用した TA の有効性の評価を控え、MRI を適用することを勧める[36]。

造影を強調せずに CT で TA 域を腫瘍組織から区別することは不可能である[37]。結局のところ、患者は X 線に曝されるだけでなく、ヨウ素を含む薬物と対比することを

余儀なくされている。つまり、アレルギー反応のリスクが高まっている。さらに、CTでは、TA 域は造影が蓄積されない領域として定義される。それは、肝実質と十分に区別されるが、低密度腫瘍の小さな断片とはほとんど区別されない。MRIでは、TA 域は体液と腫瘍の両方から十分に区別される、水分含有量の少ない領域である。

「理想的な」TA は、適切な切除限界内の腫瘍の破壊である。つまり、結節の周囲の正常な肝実質から 8.0~10.0 mm である。しかし、これは常に可能であるとは限らない。完全な TA の基準は、腫瘍を凝固壊死の域で完全に置き換えることである。介入直後の MRI 中に残存腫瘍の断片が検出された場合、TA は不完全であると見なされ、腫瘍が完全な TA によって以前に確認された領域でしばらく後に発生した場合、局所腫瘍の再発と見なされる。

TA の即時の結果を評価する際には、一次的および全体的な有効性の基準を使用する。TA の主な有効性は、TA に初めて曝された腫瘍の総数に対する腫瘍病巣の完全な凝固壊死の数の比率によって測定される。TA の全体的な有効性は、繰り返されるものを含むすべての TA 術期の後に完全な凝固壊死が達成される病巣の割合である。

腫瘍マーカーのレベルの再検査は、介入後 3~4 週間以内に行われるべきである。介入後の血清中の腫瘍特異的マーカータンパク質（AFP、CEA など）の研究は、指標の有意な減少または正常化によって決定される[38]。一部の患者では、腫瘍マーカーのレベルを動的に決定することが、TA の有効性の評価に役立つ可能性があることが認識されている。

切除された腫瘍の形態学的検査は、適切な TA 処置の場合に完全な組織壊死を明らかにするが、完全な組織学的検査は生細胞の存在を示す可能性がある[38]。

したがって、TA の有効性を評価する場合、第一に画像化法のデータに頼るべきであり、腫瘍マーカーの研究は二次的に重要であり、形態学的評価は限られた範囲で使用される。

12. 加熱焼灼有効性に影響を与える要因

TA の有効性を高める方法を決定するには、腫瘍破壊の完全性を決定する要因を分析した。これらには、術中画像診断の条件、穿刺法、病変結節までの距離、病変の構造とサイズ、局所的な状態、および TA による組織の変化（以前の介入後と手術時の両方）が含まれることがわかった。

12.1 術中可視化

今日のほとんどのTA処置は、経皮、腹腔鏡、または切開のいずれであっても、いくつかの制限がある超音波制御下で行われる。まず、三次元の焼灼部の二次元画像である。超音波走査中の交差面は、多くの場合、焼灼部の最大サイズと一致しないため、サーモプローブの位置決め精度は、いくつかの点からしか評価できない。ただし、すべての細胞が多位置研究に利用できるわけではない。

さらに、肝臓のさまざまな部分での超音波の条件は同じではない。撮像セグメントに関しては多かれ少なかれ「成功」する。たとえば、セグメントIIとVIIIはガスを含む媒体の近くにある肺と膀胱は可視化を損なうが、それらの病巣は多位置研究に限定され、セグメントIII、V、VIIではこれらの要因の影響は最小限である[39] (図 .21、図 22)。

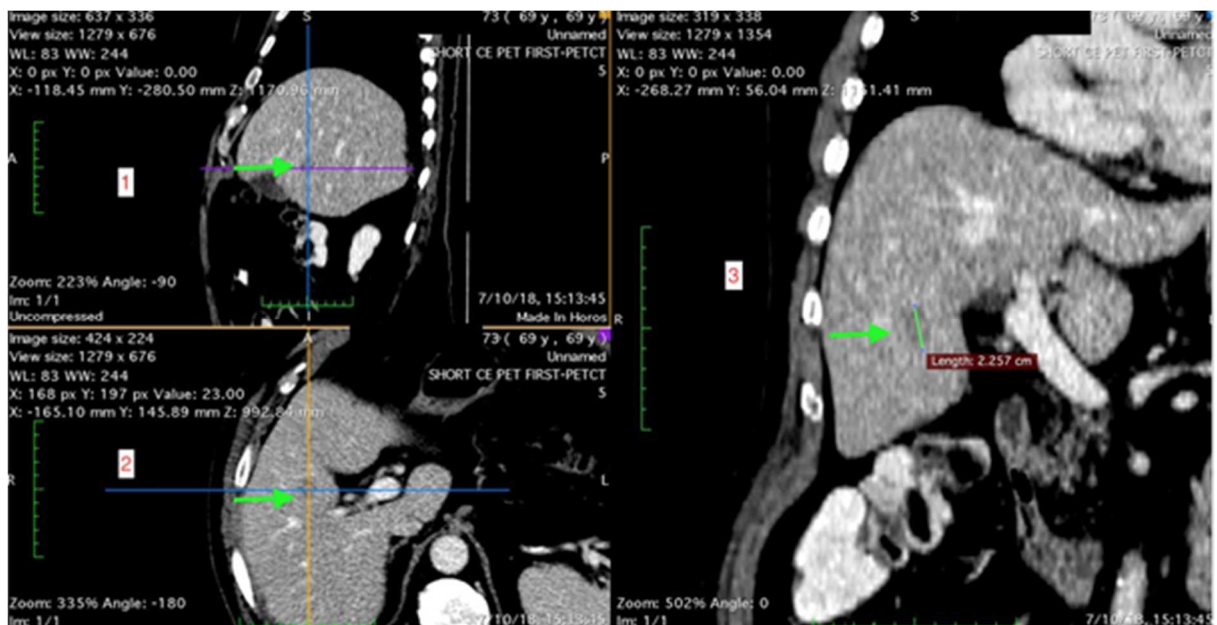


図21. セグメント5の肝臓の転移巣のCT再構成：(1) 矢状、(2) 軸方向、(3) 正面。矢印は転移に対応している。TAの前。

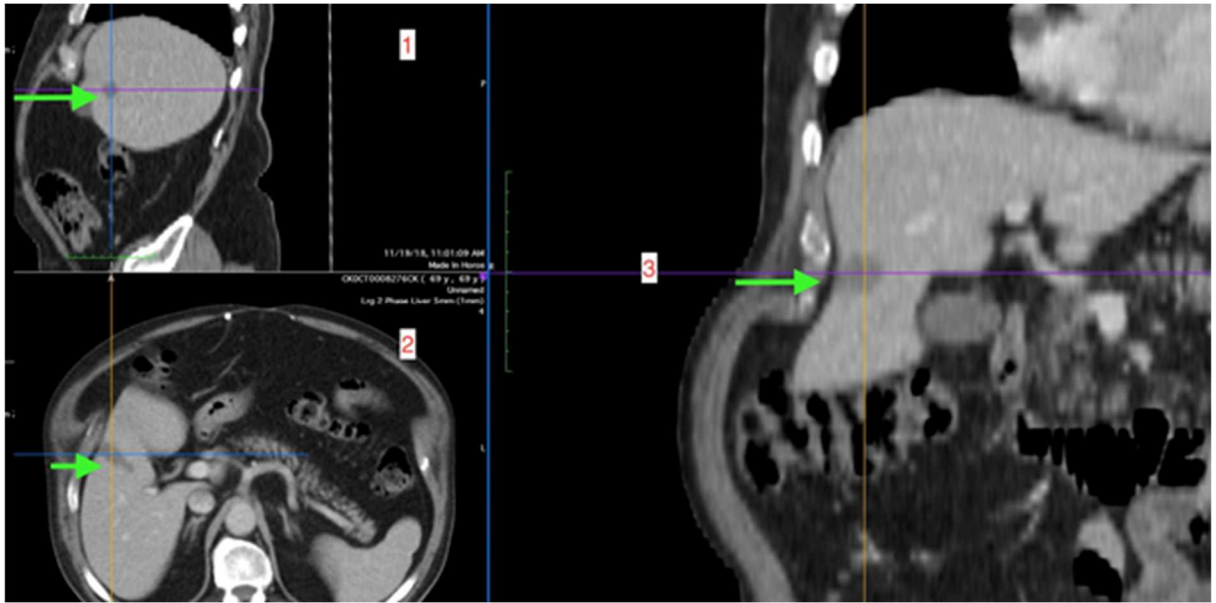


図 22. (続き) セグメント 5 の肝臓の転移巣の CT 再構成：(1) 矢状、(2) 軸方向、(3) 正面。矢印は、TA 後の肝臓破壊の領域に対応している。

12.2 介入技術

病理センターの穿刺の技術の重要性は重要である。腫瘍の完全な破壊は、TA 域と腫瘍性病巣の最大同心性（一致）を目的としている。これは、サーモプローブの位置によって決まる[40]。

介入の手法に応じた結果：穿刺アダプター（位置決め）を使用した TA の有効性—86.4%、自由な配置—25.0%（差異は有意 $P = 0.01$ ）[41]。

TA の有効性は、介入プロトコルの厳格な遵守にも直接依存する。

12.3 焼灼部までの距離

この要因を分析すると、焼灼部までの距離がある程度重要であることがわかった。したがって、開腹 TA の有効性—82.6%、経皮 TA—62.8% ($P = 0.7$)。ただし、これらの違いは有意ではない。

12.4 焼灼部の構造と寸法

TA の有効性は焼灼部の構造に依存することが知られている。その組成の液体が多いほど、破壊が容易になる[42]。これは、肝硬変の背景にある肝細胞癌の結節で最も明確

に示される。肝硬変の背景には、十分な水分が含まれているだけでなく、オーブンの影響もある（繊維壁からの熱による軟質焼灼部の急激な温度上昇）。

転移巣の構造に関しては、パターン（態様）があり、病変が小さいほど、密度が高く、一貫性があり（血管がほとんどなく、壊死領域がない）、TA に暴露されるのがより困難である。TA の小さな病巣の有効性は 72.7% である。1.5 cm から 3 cm の範囲の病巣の有効性は 88.2% である。サイズが 3~5 cm の場合、有効性は 76.8% と推定される。病理学的中心のサイズで 5 cm を超える有効性-60% 未満 ($p = 0.01$) となる[43]。

有意差の欠如（サイズ依存性が少ないこと）は、そのような病巣の不十分な伝導性が小さいサイズによって補償され、その結果、周囲の実質の凝固が補われて、それらが完全に破壊されるためであると考えられる。術中超音波では、そのような小さな中心の「照度」の現象が注目される。中心の構造が変化せずに維持されている間、中心の周辺の組織構造より速く加熱されて高反響構造を取得し、高反響の実質に対してよく見える。

12.5 局所条件

破壊の完全性は、局所条件—大きな血管の腫瘍の近くの存在または放熱器機能を有する嚢胞—TA における病巣の冷却に大きく影響される[44]。

この要因が TA の有効性に及ぼす影響の分析では、大血管に肝静脈の 1 次の下位大静脈、幹および支流、ならびに門脈の左、右、および扇形の分岐が含まれている場合。撮像法によると、血管からそれを分離している実質層の厚さが 5 mm を超えない場合、病巣は大きな血管の近くに局在していると見なされる。

そのような病巣の TA の主な有効性は、この値が 62.7% である大きな血管から遠くに位置する細胞と比較して 33.3% 大幅に低くなる ($p = 0.03$) [45]。しかし、全体的な有効性に対して統計的に有意な差は見られなかった—73.3% 対 83.7 ($p = 0.3$)。

主要な血管の近くで TA を計画する場合、血管の冷却効果が非常に強力であるため、切除の適切な微視的限界を達成することが困難であることを覚えておく必要がある。

12.6 TA による組織の変化

初めて破壊される TA 病巣の有効性 (59.4%) と反復 TA の有効性 (67.3%) を比較すると、有意差は観察されなかった ($P = 0.3$)。

再発 TA の中で、局所腫瘍再発に対して実施された介入後、完全な凝固壊死の頻度—84.6%、効果のない以前の介入—61.5%、よりもが高くなる傾向があった。ただし差は有意ではない ($p = 0.1$)。これは、後者の被包化後の超音波において、凝固壊死の領域からの腫瘍組織のより良い分化の可能性によって決定され、長期的に観察される。

この文節を要約すると、TA の有効性は一連の要因によって決定され、外科医が積極的に影響を与えることができるのは3つだけで、穿刺の技術、介入プロトコルの遵守、および限られた範囲では画像化条件である。

13 肝臓における CRC 転移の加熱焼灼過程の合併症

現代の公表論文では、悪性肝腫瘍における TA (広義の焼灼で RFA が主体) の結果を分析する傾向が明確であり、多くの場合、観察数が少ないため、著者らはそのような介入後の生存率と死亡率にのみ注意を払っている。腫瘍学の観点から、この接近方法はおそらく正当化される。しかし一方で、影にはさまざまな合併症の可能性が数多く残されており、外科医はこれらの問題に直面しても、この手法を使用した場合の結果に備えることができていない。

侵襲を最小限に抑える方法として、TA にはすべての穿刺手順に共通の合併症の範囲がある[46]。それらの中で最も深刻な—腹部への出血、腹膜炎があるがまれである。統合論文 (総説) 文献によると、合併症の全体的な頻度は 7~10%を超えず、術後死亡率のレベルは 0.5%~1.4%である[47]。

予想される単純さと安全性にもかかわらず、TA は非常に責任のある介入であり、外科医からの広範な臨床経験、解剖学とラジオ波曝露の生物物理学的特徴に関する深い知識が必要である[17]。

死亡率は比較的 low、TA の結果は蘇生を必要とし、場合によっては緊急手術を行う[48]。

最も一般的なのは、肝膿瘍 (0.9%)、腹腔内出血 (0.7%)、肝不全の症状 (0.8%)、肺合併症 (0.8%)、受動電極領域の火傷 (0.6%) である。[49]、[50]

多施設無作為化試験データにより、合併症のほぼすべての可能な範囲とその症状発現の頻度のかなり大きなサンプルを推定することができる[44]、[51]：腹腔への出血-0.64-1.6%。被膜下血腫-0.5%;管系の損傷 (狭窄 (0.5%)、白質 (0.2%)、腹腔への胆汁の流れ-0.2%、膿瘍-0.9-2.4%、腹膜炎-0.05%、敗血症-0.08%、気胸-0.96%、血胸-

0.1-0.32%、胸膜炎-0.2 -1.6%、内臓の損傷-0.6-1.6%、火傷受動的サーモプローブから-1.6%、着床転移-0.32%（証拠クラス B）。

平均して、合併症の頻度は経皮的接近方法で 7.2%、腹腔鏡接近方法で 9.5%、開腹接近方法で 9.9%である[51]、[52]（証拠クラス B）。

ほとんどの場合「大きな」合併症のみが特定および分析されることに注意することが重要であり、いわゆる「小さな」合併症の頻度が少なくとも 2 倍高いことが示されている[44]、[53]。「小さい」とは、特定の治療を必要とせず、患者の入院を増加させない合併症である[54]。

13.1 TA の合併症と予防の方法

術後死亡率。

平均死亡率は約 0.5%である。致命的な合併症の最も一般的な原因は、敗血症、肝または多臓器不全、心血管合併症、腹腔内出血および胆管の損傷である[44]。いくつかの異なる合併症が患者の死亡につながる可能性があることが重要である。したがって、適切な治療を開始するには、合併症の早期発見が必要である。

腹腔内出血。

明らかになった凝固障害では、止血系の障害の矯正後に TA の実施を開始することが望ましい。出血は、熱暴露よりも肝被膜の穿刺または血管損傷で発生する可能性が高い[44]、[53]したがって、全暴露中の穿刺経路と注意深いモニタリングを選択することは非常に重要である。針抜去時の穿刺管の凝固は必須である。ほとんどの静脈出血はそれ自体で、または保存的治療により停止すると考えられているが、それらはしばしば被膜下血腫の原因である。動脈出血は塞栓症を必要とする場合がある。したがって、針の抜去時と 20～30 分後の手順中の穿刺部位と焼灼術後の管の超音波モニタリングが必要である[53]。

肝内膿瘍。

TA 後の肝臓の治療された層の二次細菌汚染は、しばしば肝内膿瘍の形成につながる。膿瘍は、介入後 5～7 日で出現する可能性が高くなる。危険因子には、以前の腹部臓器への介入、管系への逆行性内視鏡的介入、機能しているストーマ、ドレナージ、糖尿病などがある[44] [49]。以前に形成された生体消化性吻合を有する患者は、肝膿瘍を発症するリスクが特に高い。膿瘍の発症は、2 週間以上持続する発熱と化膿性空洞 CT 徴

候の特徴、特にガスの存在によって証明される場合がある。おそらく、化膿性合併症のリスクが高い患者では、抗菌療法の道順が正当化される。膿瘍の超音波ガイド下の穿刺およびドレナージ治療は、しばしば非常に成功している。

敗血症と肝不全

敗血症および肝不全は、術後期間における最も一般的な死因と強く関連している[44]。ほとんどの場合、これらは腹膜炎または肝膿瘍、門脈血栓症、および広範な TA の結果であり、特にこれらの合併症の組み合わせによるものである。したがって、感染のわずかな兆候や肝不全の兆候であっても、即時かつ適切な治療の合図である必要がある。

受動電極の局在部位での火傷 (RFA 法の場合)。

深刻な皮膚のやけどは非常にまれである。それらを防ぐために、十分な数の受動電極（対極板）を適切に使用し、体表面との最大接触を制御する必要がある。RFA を実施する場合、少なくとも2つの受動電極を使用することが望ましい。処置中は患者を動かさないことをお勧めする。皮膚のやけどは、より良い画像を得るために、1つのリンパ節の治療後、RFA の経過中にすでに悪化しているリンパ節に曝される前に患者を返そうとするときに発生する。やけどの原因は、受動電極を適切に制御できないことである[52]。

内臓の熱傷

内臓の熱損傷は、肝臓の病的な病巣の被膜下の場所での頻繁な合併症であるか、または臓器または大きな血管に隣接するかなりのサイズの形成の存在下で発生する。胃の被膜下配置では、大腸の右屈曲、横隔膜ドーム、腎臓、および壁側腹膜が最も頻繁に打たれる。以前に腹部臓器に対して外科的介入を行った後、隣接する構造への損傷のリスクは、関節が原因で大幅に増加する。臓器または血管のすぐ近くでは、腹腔鏡下手術またはさらには開腹手術を支持して、経皮的介入を断念する方がよい[50]。

中空器官、腎臓、腹膜の関連する損傷がほぼ即座に検出される[44]。

胆道の熱損傷。

かなりの大きさの腫瘍の中心部では、肝臓の大きな胆管と血管が最もよく打たれる。腫瘍の中心部にある胆管の損傷の頻度が末梢部に比べて3倍高いことは統計的に有意である[44]（証拠クラス C）。

TA 後、特に結石の存在下で、胆嚢炎の悪化がしばしば見られる。そして、傷害は、たとえ最小であっても、ほとんど常に胆嚢の急性炎症を引き起こす。ただし、胆嚢の穿孔は非常にまれな合併症と見なされる。

肝臓の穿刺のための最も安全な道順の選択と、介入中の継続的な超音波モニタリングが、主に熱による損傷を防ぐための主な対策である。

血管血栓症

血管血栓症もまた、TA の合併症であることが多い。大きな静脈血管のほとんどの血栓症は無症候性であることが多いが、特に肝予備能が低い患者では、肝不全を引き起こす可能性がある。

肺の合併症。

横隔膜の外傷は、肝臓の隣接する部分で TA 腫瘍を実施するときによく見られる。全手順中の超音波ナビゲーションは、胸膜腔への針の失敗を回避する。これは、麻酔科医の監督下にある患者では特に簡単である。横隔膜のほとんどの損傷は、保守的な方法で取り除くことができる。しかしながら、横隔膜の破裂も起こりうる[55]。気胸または水胸は、まず第一に、呼吸不全、任意の愁訴または TA 後の激しい痛みの場合に考慮されるべきである。医師の経験に関係なく、ほとんどすべての一連の研究で、同様の合併症がある。

水胸症 Hydrothorax はより頻繁に反応する。TA 後、胸膜腔内に臨床症状のない最大 300.0 ml の容量の遊離液が存在する場合は、動的モニタリングのみを必要とし、より大きな容量で、または症状を追加して-穿刺介入が必要であると考えられている。

移植転移。

テクニックの形成中に、穿刺管に沿った移植転移がしばしば観察されました、RFA のいくつかの観察におけるこの合併症の頻度は 12.5% でした[55]。RFA の最新機器システムには、穿刺管の凝固の特別なモードがあり、そのような合併症の頻度は大幅に減少している。しかし、この複雑さを完全に回避することはできない。RF のケースの 0.5 ~ 2.8% で同様の状態が観察される。

すでに切除または TA を受けている肝臓に再介入する場合、肥大の結果としての血管分泌要素の解剖学および構造上の変化について覚えておく必要がある。これは、病理学的病巣が血管または管の壁、胃または胆嚢に隣接している場合に特に重要である [56]。

そのような細胞への影響は、合併症の数が最も多いことである[57]。

病巣が径 cm を超え、肝臓の被包の下や肝臓の横隔膜表面、または胃、胆嚢、または大きな管や血管の近くにある場合、TA の最も一般的な推移は複数の肝障害において観察されることを強調されるべきである。

したがって、低侵襲で比較的安全な治療法である CRC 転移の TA は、広範な臨床経験と熱曝露の解剖学的および生物物理学的特徴に関する深い知識を必要とする非常に責任のある外科的処置である。治療は、近代的な診断機器の完全装備と高度な麻酔支持を備えた専門病院で行う必要がある。焼灼術は、選択手法にかかわらず、普遍的な治療法ではない。この介入は、何らかの理由で肝切除が不可能であるか、リスクの増加に関連する場合にのみ実行する必要がある。

14 焼灼術適用の遠隔結果

TA を使用した肝腫瘍患者の治療の結果、および肝切除術は、いくつかの要因（予後因子）に依存する。その主なものは、転移の期間（同期/異時性）、腫瘍の数と大きさ（サイズ）である。

以下の基準がある。

- 継続的な成長（残りの病巣）-不完全な TA の結果、つまり腫瘍組織の残存。（図 23、図 24、図 25）。
- 再発一以前に実行された完全な（適切な）TA のすべての兆候にもかかわらず、TA の領域での病理学的形成の発生；
- 腫瘍進行の進行（さらなる転移）は、以前に使用された局所破壊方法（この場合は TA）に依存しない。

TA における完全な壊死の頻度は、介入の有効性の重要な基準である。多くの著者がこの指標を強調している。しかし、これはまだ治療の有効性の主な基準ではない。主要課題は、患者の全生存期間または無再発生存期間を延ばすことである[54]。

クラス B [44]、さらにはクラス A に属する多くの無作為化比較試験が文献に発表されている[58]。5年生存率（20%以上）の良好な結果が表示される。

しかし、TA 治療の有効性は明らかである。患者の生存率は肝切除と比較することができる。腫瘍の有病率、肝臓の機能予備能の低下、またはしばしば代償不全の段階に

ある合併症のため、TA を受けたほとんどの患者は手術不能であった、つまり肝切除を受けた患者よりも予後不良であったことを覚えておく必要がある。

転移性大腸癌患者の治療は、TA を含む外科的方法のみで行うことはでないが、全身抗癌剤治療へのすべての最新の接近方法を使用して包括的でなければならない。

TA 後のすべての患者は、最新のレジメンを使用した適切なアジュバント化学療法に紹介される（今日の主な第一選択レジメンは、Folfox、Folfiri、Folfox、Xelox と標的薬物 bevacizumab または cytuximab の組み合わせである）。治療にもかかわらず、患者の60%以上が新しい転移を発症し、肝内-26%、肝外-34%（主に肺）、45.8%-肝内および肝外の両方を含む。

それ自体、局所破壊は癌進行の経過に影響を与えず、新しい二次病巣の出現はTAの有効性の基準であってはならない。

しかし、以前に対症療法または化学療法のみを受けた、肝転移を伴う大腸癌患者は手術不能と見なされていたことが重要であり、現在、平均余命を大幅に増やし、その質を改善する機会がある。

二次性病変に対する肝臓の介入の後、転移性病変のために肺手術を受け始めた患者がいる。肺の腫瘍では、それらの切除のほかにTAの術期も行われ始めた。

TAの結果を改善するために、以下の規定を検討する必要がある。

肝転移患者のTAの結果を改善する方法：

- TAのための患者の慎重な選択。
- TAのプロトコルの厳格な遵守。
- 術後期間における患者の管理プロトコル（放射線診断法による管理）の遵守。
- 訓練を受けたチーム（外科医、腫瘍学者、麻酔科医、超音波、CT、MRI）の必要な作業。
- 最新の技術（診断、制御、方法）の適用。
- 診断方法と制御方法の組み合わせ、および他の局所破壊方法との可能な組合せが必要である。
- 肝切除とTAを組み合わせることで最良の生存結果が得られることが証明されている。
- TAに加えて全身化学療法が必要である。

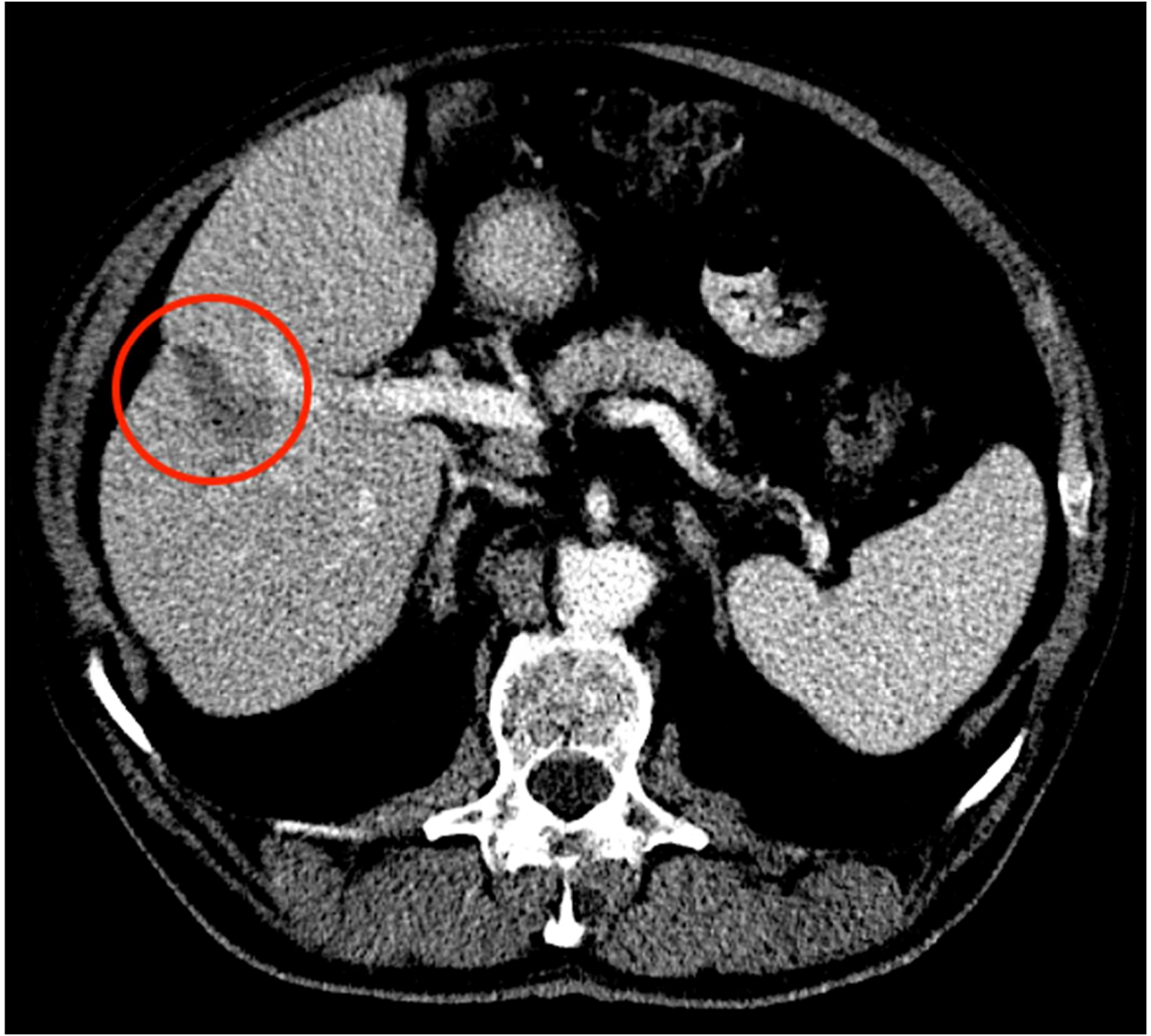


図 23. CT 静脈相の軸断面、RF の 5~4 年後の肝臓セグメントの変化（赤い丸-RF 後の変化の領域）。

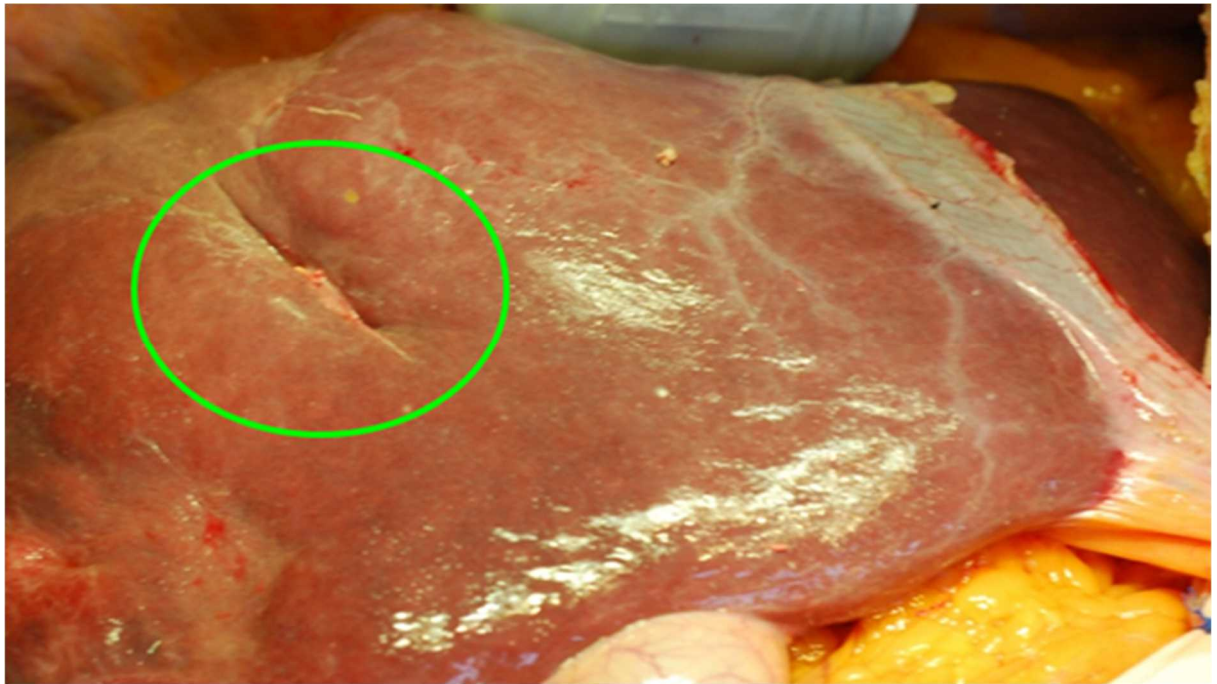


図 24. (続き図 23) RFA セグメント 5 の術中データ-緑の円。

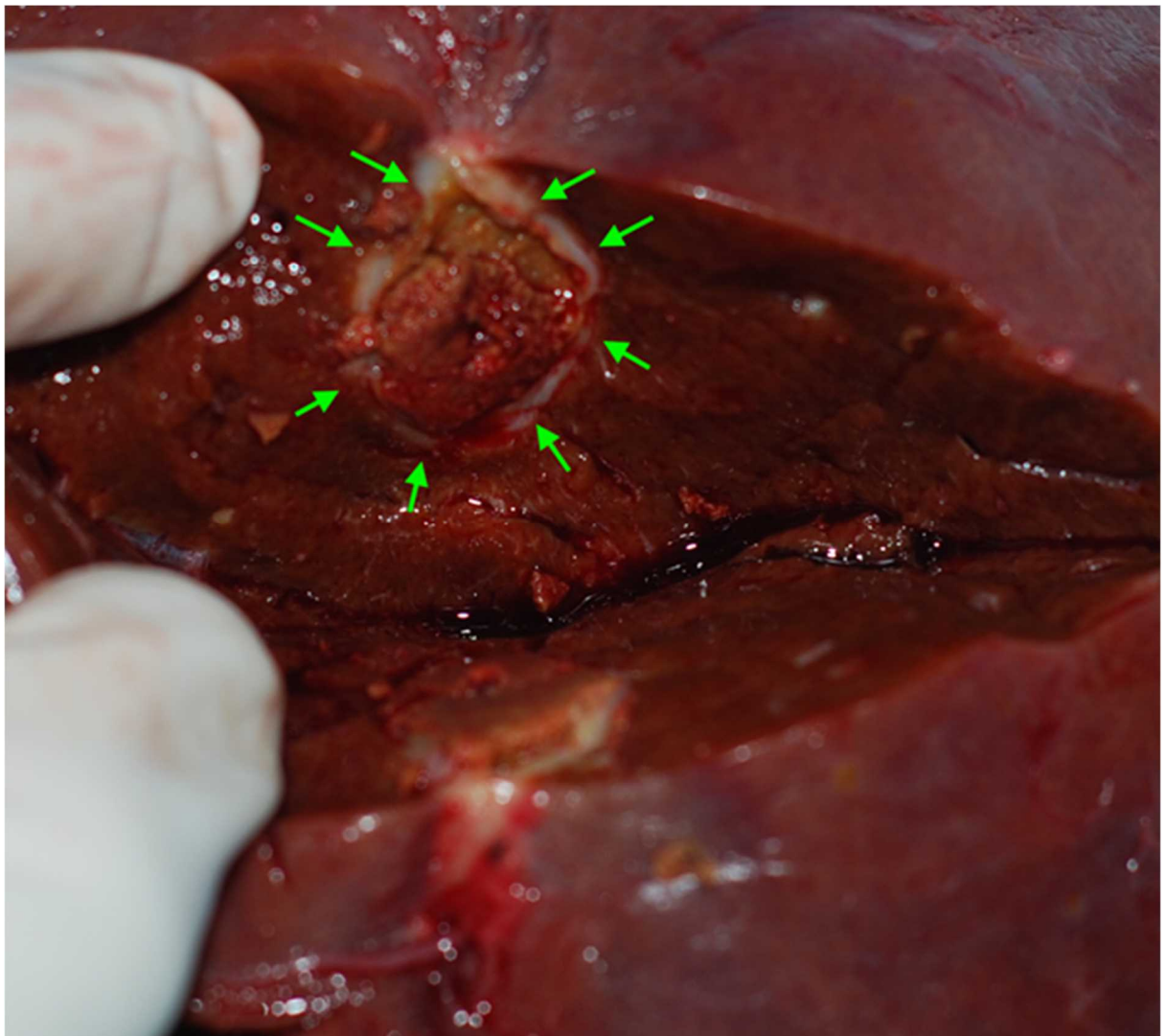


図 25. (続く図 24)。肝臓切除のマクロ調製—RF 域の除去、緑色の矢印-腫瘍増殖のアクティブ域 (白い組織) の「縁」、中央に無菌壊死域 (黄色の組織)。

結 論

焼灼術の重要な問題は、その行為の妥当性を判断することである。これは、不完全な焼灼術のために患者が施術される繰り返される介入によって証明される。

残念ながら術期 (セッション) TA の時点で、組織破壊の領域と超音波で生存可能な腫瘍を明確に区別することはできない。その相対的な考えは、サーモプローブの投影における高反響の影のサイズによって与えられるが、それらは通常非常に高く、さらに、背側の増強の現象のために、センサーと比較して後方の限界を明確に評価することはできない。超音波画像に病巣を合わせるのが難しいもう 1 つの理由は (病巣のセット対してより大きい参照すること)、病巣の 1 つがすでに TA を実行した後の可視化条件の変化である。多くの場合、この背景の小さな細胞が単純に「消失」、可視化条件が元に戻った後に TA の繰り返し術期が必要になる。

したがって、外科医は CT または MRI の制御下でのみ作業を推定する必要がある。TA の有効性を判断するには、MRI を優先する必要がある。MRI タイミングは非常に重要である。理想的には、MRI は手順の数時間後に実行する必要がある。浸潤と浮腫の増加により長期的には、この方法の情報量は大幅に減少する。

TA の適応、または破壊に「必要な」病巣のサイズ、数、および場所は、依然として議論の余地がある。5 cm 以上の発生は、外科的に取り除く必要がある (外科手術に対する重大な禁忌がない限り)。一度に 5 つ以上の病巣を破壊することは望ましくない。

すでに切除または TA を受けた肝臓に取り組む場合、肥大の結果としての血管分泌要素の解剖学的および立体構造的の変化に留意する必要がある。これは、病理学的病巣が血管または管の壁、胃または胆嚢に隣接している場合に特に重要である。最も多くの合併症を引き起す道順は、そのような病巣の治療である。

長期的な結果を評価する場合、局所的な破壊が行われ、癌進行に影響を与えないため、新しい肝外および肝内の病巣の発現は、この TA 方法の有効性の基準にはならない。

しかし、逆に、TA の領域での腫瘍成長の継続は、結果を評価するための主要な基準でなければならない

TA は、複数の多区域性肝疾患の患者の外科治療を可能にし、臓器切除とは異なり、新しい病巣が出現したとき、または以前に治療された病巣の継続的な成長とともに繰り返し使用できるため、外科肝学の境界を拡大した方法である。

肝転移を伴う CRC（結腸直腸癌）患者の多くにとって、TA は細胞減少ではなく根治的な治療法である（対照：MRI が腫瘍の破壊を末梢の健康な組織の 5-10 mm で確認した場合—肝切除中に満たす必要がある要件）。

TA は、資格のある担当者による可視化と制御の高度（ハイテク）手法との組合で使用する必要がある。

TA 手術の開発の現在の水準（レベル）—肝臓の悪性腫瘍の治療への正当化された段階的な接近方法。これは、肝臓自体の病変と、主に肺の別の場所で新たに発見された転移巣の出現に当てはまる。

肝硬変の背景にある肝細胞癌（HCC）の治療に局所焼灼術を使用する場合、患者は Child-Pugh 分類に従ってクラス「A」または「B」を満たす必要がある。つまり、血清中のビリルビンのレベルは 3.0 mg% を超えてならず、レベル血清アルブミン—3.0 g% 以上、腹水は控えめに維持するか、または保存的に容易に処理する必要がある。最小限の神経症状が許容され、患者は疲労しないようにすること。これらの基準から逸脱すると、患者はクラス "C"（Child-Pugh）に属し、対症療法を受ける。

腫瘍は、門脈または肝静脈、小葉胆管に 1 cm 以内に配置されるべきではなく、胆嚢と接触してはならない。腫瘍結節の数は絶対的な徴候または禁忌ではないことに注意すべきである。したがって、神経内分泌腫瘍の転移では、時間の経過とともに進行が長期にわたって進行することを考えると、病巣が 4 つを超える患者が治療される。さらに、治療戦略の 1 つは、最大の転移の切除（すべての病巣に影響を与えることが不可能である場合）とその後の化学療法/免疫療法を伴う。ホルモン活性神経内分泌腫瘍の疾患の期間を考えると、有効な病巣の症候性切除を行い、臨床効果は良好である。

したがって、TA の適応症の定義は、介入の技術的実現可能性と腫瘍学的実現可能性によって正当化される。

TA を含む局所破壊のあらゆる方法の有効性に関する重要な基準は、完全な腫瘍壊死の頻度である。この指標は長期生存の指標と考えられている。結局、局所再発がないことは、根本的な介入を示している。

国立癌研究所の経験によると、完全な壊死の頻度は約 98% であり、直径 1~1.5 cm までの腫瘍の切除で最良の結果が得られ、5 cm を超える腫瘍では局所再発の急激な増加が観察された。

不完全な壊死は、結果がないことや不適切な切除手順を意味するものではない。加熱された組織の固有総体積を正しく計画し（TA を繰り返して）、組織内の安定化後の変化を適切に解釈し、継続的な成長の領域をタイムリーに識別して繰り返し介入を行うことが重要である。

現時点では長期的な結果を評価することはできない。TA 法の使用に関する無作為化臨床試験が必要であり、その後、この方法が全生存期間と無再発生存率に及ぼす影響を評価する必要がある。

転移性肝疾患患者の半数以上が結腸直腸癌の転移患者であることが知られている。最新の化学療法の可能性を考えると、これらの腫瘍をタイムリーかつ根本的に破壊することで、生存率を大幅に向上させることができる。小さな腫瘍（直径 1 cm まで）で最良の結果が得られる。

TA 処置後の破壊の完全性は、静脈造影を用いた CT、MRI で評価する必要がある。正常に実行された腫瘍焼灼術は、CT で、研究の動脈相と静脈（門脈）相の両方で、画像に造影を蓄積しない低密度領域として現れる。MRI では、焼灼術域は T2 の画像では強度の低い信号の領域として表示され、動画ではゲインが不十分である。

TA の結果に影響を与える可能性のある理由：

- 血管の放熱。
- 不十分な衝撃。
- 肝門および隣接臓器の構造の近くの腫瘍の局在。
- 不適切な計画。

結果と肝腫瘍を改善する方法：

- 手順の技量を改善する—アプリケーション（機器また施術）の数を増やす—TA（超音波／CT）のための適切なナビゲーションの選択—血流が低下した状態での焼灼術。
- 熱曝露領域の変化を評価するための診断プロトコルの開発（MRI、PET に従って）。

付録1 骨性骨腫における方法の適用の経験

類骨骨腫は、小さくて良性であるが、特定の臨床的および視覚的特徴を持つ特定の骨病変である。コンピュータ断層撮影は、教育と治療計画の可視化を選択する方法である。[59]病変の完全な外科的切除は治癒的であり、症状を軽減し、伝統的に治療において最良の選択である。しかしながら、手術には、病変の位置の術中の困難さ、長期入院の必要性、不十分な美容上の結果から病的な骨折まで、術後の合併症の可能性など、いくつかの欠点がある[60]。病変の壊死を誘発するための熱凝固の使用を含む経皮的熱焼灼術（以下、TA）は、類骨性骨腫の外科的治療に対する低侵襲性の代替法である。[61]成功のレベルを考えると、TAはこの状態の主な治療選択肢の1つと見なされるべきである。（図26、図27、図28）

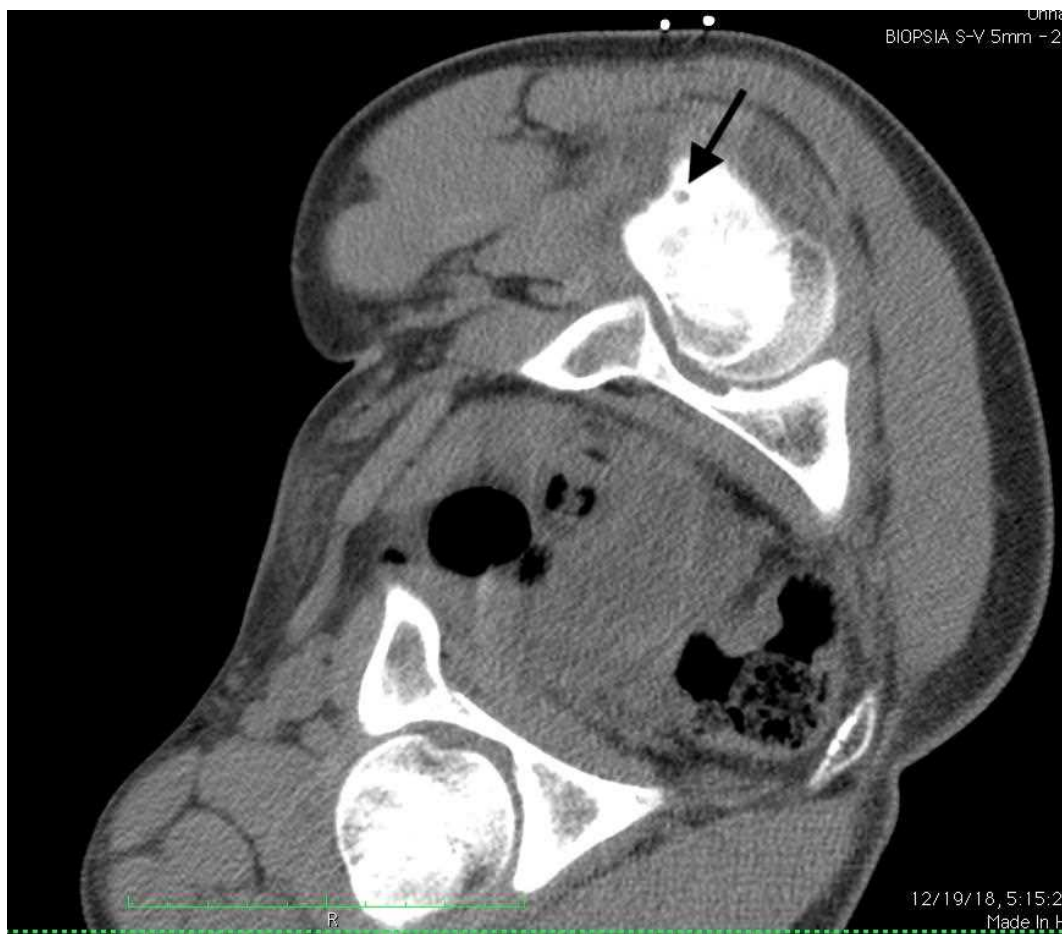


図26 14歳の患者の左大腿骨の骨様骨腫（矢印で示す）。



図 27 (続き) 左大腿骨における CT 制御下の電極の設置



図 28（続き）左大腿骨の類骨骨腫における TA の手順の CT 制御

完全な外科的切除は、類骨性骨腫の治療において歴史的に選択されてきた選択肢であり、開放「一括」切除の成功率は 88%～97%である[62]。病変の開放切除は骨欠損を残し、骨折を引き起道順可能性があり、場合によっては、損傷に内部固定と骨移植が必要になることがある。切除される骨の量を最小限に抑えるには、病変の位置を正確に特定することが重要である。しかし、術中シンチグラフィーなどの様々な専門的手法を用いても場所が難しい場合がある。局所化が成功した場合でも、外科的に作成された骨欠損は骨折につながる可能性がある[63]。病変の外科的切除は不完全である可能

性があり、これには繰り返しの手術（切除）が必要である。一部の病変の位置によっては、外科的切除が不可能になり、隣接する構造が損傷するリスクが高まる場合がある。関節および骨端病変の切除には関節切開が必要な場合があり、骨の成長や関節の可動性が損なわれる可能性がある。その他の外科的合併症には、血腫や感染症がある。術後入院の平均期間は 3-5 日である。持ち上げて運ぶ重量は手術後 1~6 か月に制限されており、下肢を伴う場合は松葉杖の使用が必要になる場合がある。 [64]

付録 2。

乳房腫瘍および腫瘍前の疾患を有する患者におけるアブレーション適用の経験

Kulik SO 医学博士が作成。Pominchuk DV、Ph.D。医学博士。Sciences Aksenov OO、Lisyutkin LO

線維嚢胞性肥満症、線維腺腫、乳房腺腫症などの良性の乳房病変は、成人女性で最も一般的な疾患の1つであり、通常は多発性で両側性である。線維嚢胞性肥満症の主な治療法は保守的である。しかし、それは必ずしも完全な治療上の答えを与えるとは限らない。したがって、1.0 cm を超える嚢胞形成は、ほとんどの場合、保存的治療に適していない。また、炎症のリスクが高く、増加する傾向があるため、低侵襲の外科的治療が必要である。線維腺腫の手術は主要な/根本的な治療と考えられているが、出血、血腫、および瘢痕形成、乳房の非対称性などの望ましくない美容上の結果などの特定の合併症を引き起こす可能性がある。この点で、巨大な嚢胞および小さな線維腺腫の治療のために承認されている経皮的切除およびマンモシステムなどの良性乳房病変の治療のための潜在的な代替法としての低侵襲法の使用に多くの注意が払われている[68]。

超音波制御下での経皮的切除は、外来患者の設定と外来患者の手術室の両方で実行できる非外科的低侵襲法であり、成功率が高く、合併症率が低い。焼灼（アブレーション）には、ラジオ波、マイクロ波、レーザー熱アブレーション、高強度集束超音波など、いくつかの方法がある。

生活の質を向上させるための人々の生活水準の大幅な改善は、彼らの生活のあらゆる側面に影響を及ぼす。この点で、乳房腫瘍の治療は、患者の生存率を改善することに焦点を当てるだけでなく、特に良性腫瘍の存在下で、臓器機能の維持、美容上の問題の解決、およびプロセス全体にわたる患者の精神状態の認識を目的とすべきである[68]。従来の外科的治療は組織の外傷が大きく、瘢痕化や最終的には望ましくない美容上の結果につながる可能性があるため、最近、良性の乳房腫瘍や巨大な嚢胞に対する低侵襲治療が取り入れられている[65]。

乳房は、表面に位置し、構造を妨げることなく皮膚のみで覆われているため、局所的な破壊手順に理想的な器官である。さまざまな方向に圧縮して、アブレーションに必要な器具を適切に露出させることができ、効果的に可視化できる[69]。現在、温熱切

除は、良性乳房病変の潜在的な治療法として臨床診療で研究されている。この方法は、タンパク質の熱凝固または変性を提供して、その場で組織を破壊する。

この治療の提案された作用機序は、高温が腫瘍細胞の脱水、細胞内タンパク質の変性および凝固などの多くの生化学的変化を引き起こし、それがデオキシリボ核酸および腫瘍細胞タンパク質の合成の停止につながることである。また、腫瘍への血液供給を破壊し、腫瘍細胞の壊死を引き起こす[70]、[71]。研究によると、乳房の嚢胞性病変における完全な熱焼灼の割合は 61~97%であった[72] [73] [74] [75]。同様に、この研究では、最初の治療の試みの後、いくつかの大きなまたは非標準の病巣で完全な切除は達成されず、最初のラウンドの速度は以前の研究で報告された範囲内であった。ただし、アブレーション後のコントロール超音波データを使用して、これらの病変に対して追加の破壊が実行され、その後、完全なアブレーションの最終率は 100%に達する。私たちの経験からの不完全な切除係数は、処置中の不十分な品質の画像によって説明できる。これは、病変の空間構造の正確な識別を複雑にし、処置中の位置決めとナビゲーションのエラーにつながる可能性がある。特に、高反響源性領域の背後にある組織のモニタリングは、手順によって引き起こされる変化のために困難な場合がある。この点で、灰色の超音波の反響源性の変化は、アブレーションのターゲット領域の大まかな概算にのみ使用する必要がある[76]。したがって、総切除率を正確に推定するには、切除後 1 週間以内の MRIFE や SE-CT などのコントラスト強調撮像技術を使用する必要がある[77]。

TA および RFA で使用される焼灼（アブレーション）は、主に水分子の加熱による組織壊死の凝固を引き起こす。私たちが知る限り、正常な乳房組織は乳房腫瘍と比較してより多くの脂肪組織とより少ない水分を含んでいる[78]。

引用文献

1. Lortet-Tieulent J, Ferlay J, Bray F, Jemal A. International Patterns and Trends in Endometrial Cancer Incidence, 1978–2013. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*. 2018. pp. 354–361. doi:10.1093/jnci/djx214
2. Melnitchouk N, Shabat G, Lu P, Lyu H, Scully R, Leung K, et al. Colorectal Cancer in Ukraine: Regional Disparities and National Trends in Incidence, Management, and Mortality. *J Glob Oncol*. 2018;4: 1–8.
3. Araghi M, Arnold M, Bray F, Soerjomataram I. Global trends and projections in colorectal cancer mortality. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2018. p. S239. doi:10.1016/j.respe.2018.05.021
4. Haddad AJ, Hani MB, Pawlik TM, Cunningham SC. Colorectal Liver Metastases. *International Journal of Surgical Oncology*. 2011. pp. 1–12. doi:10.1155/2011/285840
5. Bischof DA, Clary BM, Maithel SK, Pawlik TM. Surgical management of disappearing colorectal liver metastases. *British Journal of Surgery*. 2013. pp. 1414–1420. doi:10.1002/bjs.9213
6. Moris D, Pawlik TM. Personalized treatment in patients with colorectal liver metastases. *Journal of Surgical Research*. 2017. pp. 26–29. doi:10.1016/j.jss.2017.04.013
7. Mitchell D, Puckett Y, Nguyen QN. Literature Review of Current Management of Colorectal Liver Metastasis. *Cureus*. 2019;11: e3940.
8. Lykoudis PM, O'Reilly D, Nastos K, Fusai G. Systematic review of surgical management of synchronous colorectal liver metastases. *Br J Surg*. 2014;101: 605–612.
9. Van Cutsem E, Nordlinger B, Cervantes A, ESMO Guidelines Working Group. Advanced colorectal cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for treatment. *Ann Oncol*. 2010;21 Suppl 5: v93–7.
10. Gallinger S, Biagi JJ, Fletcher GG, Nhan C, Ruo L, McLeod RS. Liver resection for colorectal cancer metastases. *Curr Oncol*. 2013;20: e255–65.
11. Maher B, Ryan E, Little M, Boardman P, Stedman B. The management of colorectal liver metastases. *Clinical Radiology*. 2017. pp. 617–625. doi:10.1016/j.crad.2017.05.016
12. Wiederkehr J, Wiederkehr B, Wiederkehr H. Colorectal Liver Metastases. *Surgical Challenges in the Management of Liver Disease*. 2019. doi:10.5772/intechopen.80558
13. Fiorentini G, Sarti D, Aliberti C, Carandina R, Mambrini A, Guadagni S. Multidisciplinary approach of colorectal cancer liver metastases. *World Journal of Clinical Oncology*. 2017. p. 190. doi:10.5306/wjco.v8.i3.190
14. Fiorentini G, Sarti D, Nani R, Aliberti C, Fiorentini C, Guadagni S. Updates of colorectal cancer liver metastases therapy: review on DEBIRI. *Hepatic Oncology*. 2020. p. HEP16.

doi:10.2217/hep-2019-0010

15. Wong SL, Mangu PB, Choti MA, Crocenzi TS, Dodd GD, Dorfman GS, et al. American Society of Clinical Oncology 2009 Clinical Evidence Review on Radiofrequency Ablation of Hepatic Metastases From Colorectal Cancer. *Journal of Clinical Oncology*. 2010. pp. 493–508. doi:10.1200/jco.2009.23.4450
16. Choti MA. Liver-Directed Treatments for Metastatic Colorectal Cancer. *Current Treatment Options in Oncology*. 2014. pp. 456–464. doi:10.1007/s11864-014-0297-1
17. Venkat SR, Mohan PP, Gandhi RT. Colorectal Liver Metastasis: Overview of Treatment Paradigm Highlighting the Role of Ablation. *AJR Am J Roentgenol*. 2018;210: 883–890.
18. Pathak S, Tang J, Jones R, Malik H, Fenwick S, Poston G. Systematic review: The Use of Ablative Techniques for the Treatment of Unresectable Colorectal Liver Metastases (CRLM). *European Journal of Surgical Oncology (EJSO)*. 2010. p. 1129. doi:10.1016/j.ejso.2010.08.088
19. Dupré A, Jones RP, Diaz-Nieto R, Fenwick SW, Poston GJ, Malik HZ. Curative-intent treatment of recurrent colorectal liver metastases: A comparison between ablation and resection. *Eur J Surg Oncol*. 2017;43: 1901–1907.
20. Matsumoto R, Selig AM, Colucci VM, Jolesz FA. MR monitoring during cryotherapy in the liver: Predictability of histologic outcome. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 1993. pp. 770–776. doi:10.1002/jmri.1880030513
21. Merkle EM, Nour SG, Lewin JS. MR Imaging Follow-up after Percutaneous Radiofrequency Ablation of Renal Cell Carcinoma: Findings in 18 Patients during First 6 Months. *Radiology*. 2005. pp. 1065–1071. doi:10.1148/radiol.2353040871
22. Ba-Ssalamah A, Baroud S, Bastati N, Qayyum A. MR Imaging of Benign Focal Liver Lesions. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*. 2010. pp. 403–419. doi:10.1016/j.mric.2010.08.001
23. Braga L, Semelka RC, Pedro MS, de Barros N. Post-treatment malignant liver lesions: MR imaging. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*. 2002. pp. 53–73. doi:10.1016/s1064-9689(03)00049-7
24. Lencioni R, Goletti O, Armillotta N, Paolicchi A, Moretti M, Cioni D, et al. Radiofrequency thermal ablation of liver metastases with a cooled-tip electrode needle: results of a pilot clinical trial. *European Radiology*. 1998. pp. 1205–1211. doi:10.1007/s003300050536
25. Ellis LM, Curley SA, Tanabe KK. *Radiofrequency Ablation for Cancer: Current Indications, Techniques, and Outcomes*. Springer Science & Business Media; 2006.
26. Siperstein AE, Berber E, Ballem N, Parikh RT. Survival after radiofrequency ablation of colorectal liver metastases: 10-year experience. *Ann Surg*. 2007;246: 559–65; discussion 565–7.

27. Pereira PL. Actual role of radiofrequency ablation of liver metastases. *European Radiology*. 2007. pp. 2062–2070. doi:10.1007/s00330-007-0587-0
28. Lencioni R, Crocetti L, Cioni D, Della Pina C, Bartolozzi C. Percutaneous Radiofrequency Ablation of Hepatic Colorectal Metastases. *Investigative Radiology*. 2004. pp. 689–697. doi:10.1097/00004424-200411000-00007
29. Abdalla EK, Vauthey J-N, Ellis LM, Ellis V, Pollock R, Broglio KR, et al. Recurrence and Outcomes Following Hepatic Resection, Radiofrequency Ablation, and Combined Resection/Ablation for Colorectal Liver Metastases. *Annals of Surgery*. 2004. pp. 818–827. doi:10.1097/01.sla.0000128305.90650.71
30. Goldberg SN, Nahum Goldberg S, William Charboneau J, Dodd GD, Dupuy DE, Gervais DA, et al. Image-guided Tumor Ablation: Proposal for Standardization of Terms and Reporting Criteria. *Radiology*. 2003. pp. 335–345. doi:10.1148/radiol.2282021787
31. Viganò L, Ferrero A, Lo Tesoriere R, Apussotti L. Liver Surgery for Colorectal Metastases: Results after 10 Years of Follow-Up. Long-Term Survivors, Late Recurrences, and Prognostic Role of Morbidity. *Annals of Surgical Oncology*. 2008. pp. 2458–2464. doi:10.1245/s10434-008-9935-9
32. Berber E, Siperstein AE. Laparoscopic Radiofrequency Ablation of Neuroendocrine Liver Metastases. *Problems in General Surgery*. 2003. pp. 134–142. doi:10.1097/00013452-200309000-00015
33. Zanotti-Fregonara P, Hindié E, Albertini A-F, Ech-Charraq I, Weinmann P, Devaux J-Y. 18F-FDG PET/CT visualisation of tumor seeding after percutaneous radiofrequency ablation of metastases. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2007. pp. 305–305. doi:10.1007/s00259-006-0241-0
34. Ruers T, Punt C, Van Coevorden F, Pierie J-P, Borel-Rinkes I, Ledermann JA, et al. Radiofrequency ablation combined with systemic treatment versus systemic treatment alone in patients with non-resectable colorectal liver metastases: a randomized EORTC Intergroup phase II study (EORTC 40004). *Ann Oncol*. 2012;23: 2619–2626.
35. Ruers T, van Coevorden F, Pierie J, Borel Rinkes I, Punt C, Ledermann J, et al. Radiofrequency ablation (RFA) combined with chemotherapy for unresectable colorectal liver metastases (CRC LM): Interim results of a randomised phase II study of the EORTC-NCRI CCSG-ALM Intergroup 40004 (CLOCC). *Journal of Clinical Oncology*. 2008. pp. 4012–4012. doi:10.1200/jco.2008.26.15_suppl.4012
36. van Tilborg AAJM, Scheffer HJ, de Jong MC, Vroomen LGPH, Nielsen K, van Kuijk C, et al. MWA Versus RFA for Perivascular and Peribiliary CRLM: A Retrospective Patient- and Lesion-Based Analysis of Two Historical Cohorts. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2016;39: 1438–1446.
37. Silk MT, Wimmer T, Lee KS, Srimathveeravalli G, Brown KT, Kingham PT, et al. Percutaneous ablation of peribiliary tumors with irreversible electroporation. *J Vasc Interv Radiol*. 2014;25: 112–118.

38. Gillams AR, Lees WR. Five-year survival in 309 patients with colorectal liver metastases treated with radiofrequency ablation. *European Radiology*. 2009. pp. 1206–1213. doi:10.1007/s00330-008-1258-5
39. Gillams AR, Lees WR. Radio-frequency ablation of colorectal liver metastases in 167 patients. *Eur Radiol*. 2004;14: 2261–2267.
40. Gillams AR, Lees WR. Radiofrequency ablation of colorectal liver metastases. *Abdominal Imaging*. 2005. pp. 419–426. doi:10.1007/s00261-004-0256-6
41. Mohamed WM. Combined Radiofrequency Ablation and Transarterial Chemoembolization in Treatment of Unresectable Primary Liver Cancer. *Gastroenterology & Hepatology : Open Access*. 2015. doi:10.15406/ghoa.2015.02.00043
42. Zhao J, Wu J, He M, Cao M, Lei J, Luo H, et al. Comparison of transcatheter arterial chemoembolization combined with radiofrequency ablation or microwave ablation for the treatment of unresectable hepatocellular carcinoma: a systemic review and meta-analysis. *Int J Hyperthermia*. 2020;37: 624–633.
43. Veltri A, Sacchetto P, Tosetti I, Pagano E, Fava C, Gandini G. Radiofrequency ablation of colorectal liver metastases: small size favorably predicts technique effectiveness and survival. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2008;31: 948–956.
44. Ott DJ. Percutaneous radio-frequency liver tumor ablation: what are the risks?. Livraghi T, Solbiati L, Meloni MF, et al., Treatment of focal liver tumors with percutaneous radio-frequency ablation: complications encountered in a multicenter study. *Radiology* 2003;226:441-51. *The American Journal of Gastroenterology*. 2003. pp. 2564–2565. doi:10.1111/j.1572-0241.2003.08733.x
45. Livraghi T, Solbiati L, Franca Meloni M, Scott Gazelle G, Halpern EF, Nahum Goldberg S. Treatment of Focal Liver Tumors with Percutaneous Radio-frequency Ablation: Complications Encountered in a Multicenter Study. *Radiology*. 2003. pp. 441–451. doi:10.1148/radiol.2262012198
46. Solbiati L, Ahmed M, Cova L, Ierace T, Brioschi M, Goldberg SN. Small liver colorectal metastases treated with percutaneous radiofrequency ablation: local response rate and long-term survival with up to 10-year follow-up. *Radiology*. 2012;265: 958–968.
47. Sofocleous CT, Petre EN, Gonen M, Brown KT, Solomon SB, Covey AM, et al. CT-guided radiofrequency ablation as a salvage treatment of colorectal cancer hepatic metastases developing after hepatectomy. *J Vasc Interv Radiol*. 2011;22: 755–761.
48. Takahashi H, Berber E. Role of thermal ablation in the management of colorectal liver metastasis. *Hepatobiliary Surg Nutr*. 2020;9: 49–58.
49. Bleicher RJ, Allegra DP, Nora DT, Wood TF, Foshag LJ, Bilchik AJ. Radiofrequency ablation in 447 complex unresectable liver tumors: lessons learned. *Ann Surg Oncol*. 2003;10: 52–58.
50. de Baère T, Risse O, Kuoch V, Dromain C, Sengel C, Smayra T, et al. Adverse events

during radiofrequency treatment of 582 hepatic tumors. *AJR Am J Roentgenol.* 2003;181: 695–700.

51. Mulier S, Mulier P, Ni Y, Miao Y, Dupas B, Marchal G, et al. Complications of radiofrequency coagulation of liver tumours. *British Journal of Surgery.* 2002. pp. 1206–1222. doi:10.1046/j.1365-2168.2002.02168.x
52. Erce C, Parks RW. Interstitial ablative techniques for hepatic tumours. *British Journal of Surgery.* 2003. pp. 272–289. doi:10.1002/bjs.4091
53. Urman R, Gross W, Philip B. *Anesthesia Outside of the Operating Room.* Oxford University Press; 2011.
54. Poon RT, Ng KK, Lam CM, Ai V, Yuen J, Fan ST, et al. Learning Curve for Radiofrequency Ablation of Liver Tumors. *Annals of Surgery.* 2004. pp. 441–449. doi:10.1097/01.sla.0000118565.21298.0a
55. Rhim H. Complications of radiofrequency ablation in hepatocellular carcinoma. *Abdominal Imaging.* 2005. pp. 409–418. doi:10.1007/s00261-004-0255-7
56. Nour SG, Lewin JS. Magnetic Resonance Imaging-Guided and -Monitored Radiofrequency Interstitial Thermal Cancer Ablation. *Radiofrequency Ablation for Cancer.* pp. 269–296. doi:10.1007/0-387-21598-0_17
57. Lencioni R, Cioni D, Bartolozzi C. Percutaneous radiofrequency thermal ablation of liver malignancies: techniques, indications, imaging findings, and clinical results. *Abdominal Imaging.* 2001. pp. 345–360. doi:10.1007/s002610000194
58. Berber E, Pelley R, Siperstein AE. Predictors of Survival After Radiofrequency Thermal Ablation of Colorectal Cancer Metastases to the Liver: A Prospective Study. *Journal of Clinical Oncology.* 2005. pp. 1358–1364. doi:10.1200/jco.2005.12.039
59. Bhure U, Roos JE, Strobel K. Osteoid osteoma: multimodality imaging with focus on hybrid imaging. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging.* 2019. pp. 1019–1036. doi:10.1007/s00259-018-4181-2
60. Boscainos PJ, Cousins GR, Kulshreshtha R, Oliver TB, Papagelopoulos PJ. Osteoid osteoma. *Orthopedics.* 2013;36: 792–800.
61. De Filippo M, Russo U, Papapietro VR, Ceccarelli F, Pogliacomi F, Vaienti E, et al. Radiofrequency ablation of osteoid osteoma. *Acta Biomed.* 2018;89: 175–185.
62. Dookie AL, Joseph RM. Osteoid Osteoma. *StatPearls.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
63. Papathanassiou ZG, Megas P, Petsas T, Papachristou DJ, Nilas J, Siablis D. Osteoid osteoma: diagnosis and treatment. *Orthopedics.* 2008;31: 1118.
64. Lanza E, Thouvenin Y, Viala P, Sconfienza LM, Poretti D, Cornalba G, et al. Osteoid osteoma treated by percutaneous thermal ablation: when do we fail? A systematic review

- and guidelines for future reporting. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37: 1530–1539.
65. Santen RJ. Benign Breast Disease in Women. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, Chrousos G, Dungan K, Grossman A, et al., editors. *Endotext*. South Dartmouth (MA): MDTText.com, Inc.; 2018.
 66. Neal L, Sandhu NP, Hieken TJ, Glazebrook KN, Bride MBM, Dilaveri CA, et al. Diagnosis and Management of Benign, Atypical, and Indeterminate Breast Lesions Detected on Core Needle Biopsy. *Mayo Clinic Proceedings*. 2014. pp. 536–547. doi:10.1016/j.mayocp.2014.02.004
 67. Scott-Conner CEH. Benign disorders and diseases of the breast: concepts and clinical management, 2nd edition. edited by le hughes, mb, ds, frcs; re mansel, mb, ms, frcs; djt webster, md, frcs. 316 pages, illustrated. \$95.00. philadelphia: wb saunders, 2000. *Journal of the American College of Surgeons*. 2000. pp. 225–226. doi:10.1016/s1072-7515(00)00359-8
 68. Lakoma A, Kim ES. Minimally invasive surgical management of benign breast lesions. *Gland Surg*. 2014;3: 142–148.
 69. Maybody M, Comstock C, Solomon S, Sag A. Percutaneous Image-Guided Ablation of Breast Tumors: An Overview. *Seminars in Interventional Radiology*. 2014. pp. 193–202. doi:10.1055/s-0034-1376159
 70. Todorova VK, Suzanne Klimberg V, Hennings L, Kieber-Emmons T, Pashov A. Immunomodulatory Effects of Radiofrequency Ablation in a Breast Cancer Model. *Immunological Investigations*. 2010. pp. 74–92. doi:10.3109/08820130903428291
 71. Widenmeyer M, Shebzukhov Y, Haen SP, Schmidt D, Clasen S, Boss A, et al. Analysis of tumor antigen-specific T cells and antibodies in cancer patients treated with radiofrequency ablation. *Int J Cancer*. 2011;128: 2653–2662.
 72. Manenti G, Bolacchi F, Perretta T, Cossu E, Pistolese CA, Buonomo OC, et al. Small Breast Cancers: In Vivo Percutaneous US-guided Radiofrequency Ablation with Dedicated Cool-Tip Radiofrequency System. *Radiology*. 2009. pp. 339–346. doi:10.1148/radiol.2512080905
 73. Kinoshita T, Iwamoto E, Tsuda H, Seki K. Radiofrequency ablation as local therapy for early breast carcinomas. *Breast Cancer*. 2011;18: 10–17.
 74. Manenti G, Scarano AL, Pistolese CA, Perretta T, Bonanno E, Orlandi A, et al. Subclinical Breast Cancer: Minimally Invasive Approaches. Our Experience with Percutaneous Radiofrequency Ablation vs. Cryotherapy. *Breast Care* . 2013;8: 356–360.
 75. Izzo F, Thomas R, Delrio P, Rinaldo M, Vallone P, DeChiara A, et al. Radiofrequency ablation in patients with primary breast carcinoma. *Cancer*. 2001. pp. 2036–2044. doi:10.1002/1097-0142(20011015)92:8<2036::aid-cnrc1542>3.0.co;2-w
 76. Leyendecker JR, Dodd GD, Halff GA, McCoy VA, Napier DH, Hubbard LG, et al. Sonographically Observed Echogenic Response During Intraoperative Radiofrequency

Ablation of Cirrhotic Livers. *American Journal of Roentgenology*. 2002. pp. 1147–1151. doi:10.2214/ajr.178.5.1781147

77. Kamei S, Matsuda J, Hagihara M, Kitagawa A, Izumi Y, Katsuda E, et al. Oblique approach for CT-guided liver radiofrequency ablation using multiplanar reformation images in hepatocellular carcinoma. *Japanese Journal of Radiology*. 2012. pp. 533–539. doi:10.1007/s11604-012-0074-7
78. Peek MCL, Douek M. Ablative techniques for the treatment of benign and malignant breast tumours. *Journal of Therapeutic Ultrasound*. 2017. doi:10.1186/s40349-017-0097-8