

2. 45GHz マイクロ波で行う

マイクロ波子宮内膜アブレーション 実施ガイドライン

2012年4月1日 改訂

金岡 靖 医誠会病院婦人科
石川雅彦 大和市立病院産婦人科
浅川恭行 浅川産婦人科
中山健太郎 島根大学医学部産科婦人科

MEA は Microsulis 社が開発した Microsulis Endometrial Ablation System (MEA™ System) を用いて行われるのが国外では一般的である^{1,2)}。そのため、MEA という略語が MEA™ と厳密に区別されずに使用されている場合も見受けられる。しかし、このガイドラインでは MEA™ に触れる場合には、MEA™ と記載して MEA と厳密に区別している。

2. 45GHz のマイクロ波を使用するマイクロ波子宮内膜アブレーション (microwave endometrial ablation (MEA)) を実施するための基本事項を記述した「マイクロ波子宮内膜アブレーション実施ガイドライン 2008 年 12 月 12 日版」が公開されてから 3 年余りが経過した。実施ガイドラインに従えば安全に MEA を実施できると考えられるが、できるならば fail-safe の段階にまで実施手順は洗練されていることが望ましい。最近の 3 年間に MEA で過多月経を治療される患者はそれ以前と比較すると増加してきた。MEA の実施に関して経験が蓄積される速度は以前よりも大きくなっている。さらに、子宮鏡下子宮内膜焼灼術が 2012 年 4 月から保険適用となり、MEA もこれに含まれるという解釈で保険適用になったので、実施施設と件数が大幅に増加することが考えられる。そこで、初版を細部まで再検討し一部を訂正するとともに著者らの最近の経験を含むように改訂を行った。実施ガイドラインであるので、一般的にはエビデンスレベルが低いとされる個人的経験および見解を今回の改訂でも採用した。すなわち、2. 45GHz の MEA の実施件数は数百件にすぎないため、個人的経験あるいは見解であっても MEA の安全な実施に有益かもしれない内容はあえて記述した。MEA を始める婦人科医たちがこの実施ガイドラインの水準で MEA を実施していけば、やがて第 2 版を

上回る水準の新しい経験を新しい術者に報告していただき、このガイドラインをさらに充実させていくことが望ましいと考えるからである。

著者らは今回の改訂によって MEA の安全性は従来よりも改善されると信じている。しかし、本来、具体的かつ詳細な実施方法は個々の患者の状態によって個別化されるべきものである。従って、患者の状態に応じて本ガイドラインと部分的に異なる実施方法を採用しても合理的な根拠に裏づけられている場合はそれを否定するものではない。

なお、MEA は子宮摘出術など外科的治療のリスクが合併症などの諸条件により相当高いと考えられる女性（具体的には血液凝固障害あるいは血小板減少症による過多月経・慢性腎不全による透析治療中の過多月経・抗凝固療法を行っており過多月経のために高度の貧血状態に陥っている女性・原因不明の子宮出血を制御できない高齢女性・循環動態に影響する急性・大量の子宮出血にたいして緊急の止血が必要な女性⁴⁾など）にも対応できる有用な代替治療法である。これまで MEA を保険診療の選択肢として考慮できなかったためにリスクをとって子宮摘出術を行ってきた婦人科医は、ストレスを感じることなく過多月経を保険適用内の技術で制御できるのである。婦人科医が MEA に関する知識を必要とする場面で、この実施ガイドラインが役立てば幸いである。

装置

1. 2.45GHz のマイクロ波を発生するマイクロ波手術器、マイクロ波同軸ケーブルを備えたハンドピース、MEA 用マイクロ波アプリケーション（サウンディングアプリケーション™）を使用する。

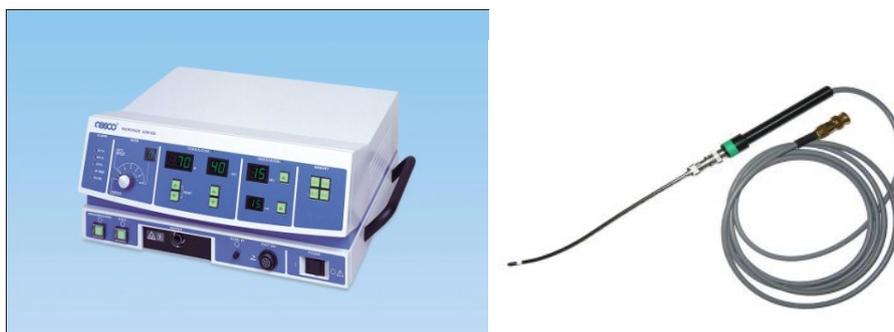


図1 マイクロ波手術器（左）と MEA 用マイクロ波アプリケーション（右）

2. 使用前にマイクロ波手術器が正常に作動することをマイクロ波手術器の取扱説明書に従って点検し確認する。マイクロ波アプリケーションに破損が無いことを肉眼的に確認する。

3. マイクロ波照射時にはマイクロ波アプリーターの先端位置を正確に設定するために経腹、経腔あるいは経直腸超音波画像診断装置を使用する。
4. 術前・術後には子宮鏡システムを使用する（必要ならマイクロ波照射中も）。マイクロ波照射前には子宮鏡で子宮内膜を観察し、悪性子宮内膜病変がないことを確認する。マイクロ波照射終了後には子宮鏡で未処理の子宮内膜がないことを確認する。

実施場所の要件

MEA は患者を砕石位にできる手術台を備えた手術室もしくは外来手術室で施行する。術中・術後の患者の管理が十分可能なように麻酔医、婦人科医、看護師が業務を分担すべきである。実施施設は手術の経過によっては開腹手術を施行できる設備を備えていることが望ましい（必須ではない）。

婦人科医の要件

MEA はマイクロ波手術器、マイクロ波アプリーターの使用に関して修練を行った婦人科医が施行すべきである。MEA を実施する婦人科医は子宮鏡システムの操作を修得している必要がある。また婦人科医はマイクロ波手術器、マイクロ波アプリーターの使用に関して**使用方法、MEA の適応・不適応、操作時の注意事項**を理解している必要がある。マイクロ波手術器とマイクロ波アプリーターの使用方法を理解していない場合、あるいはMEA の適応条件や注意事項を逸脱あるいは無視した場合には重篤な合併症が発生する可能性がある。

MEA を実施する婦人科医は

1. 経腹・経腔・経直腸のいずれかによる術中超音波画像下に行う子宮内操作に習熟していること。
2. 一般的な婦人科手術・処置に習熟していること。特に、診断用子宮鏡の操作に習熟していること。
3. マイクロ波手術器、マイクロ波アプリーターの構造・機能・使用方法に十分な知識をもっていること。
4. MEA の修練プログラムを修了していること（修練プログラムは、マイクロ波手術器の製造販売業者による機器の説明と MEA の実施経験を 3 例以上もつ婦人科医による臨床実施手順の解説から構成される）。
5. 術者は術中術後の不測の合併症に対応できる臨床経験を有すること。

技術の基礎的知識とその修得

マイクロ波による発熱はアプリーター周囲に形成される電場分布に依存している。電場分布は主にアプリーターの形状によって決まるので、ラジオ波や高周波の場合のように、交流電流が想定外の部位を流れて熱を発生し熱傷がする事故は発生しない。マイクロ波により組織を加熱する場合には対極板は不要である。これがラジオ波や高周波によるモノポーラ電極を用いた組織加熱との大きな相違点である。組織内の各部分での発熱量は局所の電場強度の2乗に比例する。マイクロ波照射開始以後の組織内温度分布は、発熱量分布と組織内の熱伝導に依存する。マイクロ波アプリーター先端周囲の発熱量が大きい領域では組織温度は時間とともに上昇し、周囲の低温の組織へ熱は伝導していく。

MEAのためのマイクロ波照射条件は1照射領域について出力設定70W(この条件でマイクロ波アプリーター先端での出力は約40Wである。)、照射時間50秒である。そこで、MEAを実施するためには、マイクロ波アプリーターの先端周囲に形成される出力70Wで照射を行った場合の、50秒後の組織内温度分布の形と大きさを理解しておく必要がある。タンパク質は60°Cでは数秒以内に熱変性するため、50秒後の温度分布³⁾で60°Cの等温線で囲まれている領域(図2)がマイクロ波照射の終了直後に壊死に陥っている。マイクロ波アプリーター先端周囲に発生する壊死領域の大きさや形状を知らずに子宮内でマイクロ波を照射する行為は、防止可能な子宮外臓器の熱傷を単純な知識不足によって発生させる可能性があり容認できない。マイクロ波手術器、マイクロ波アプリーターを入手したら、まず豚肉あるいは子宮ファントム、可能なら子宮の新鮮標本などを用いて実際にマイクロ波を照射し、組織が加熱され変性する範囲を確認するなどしてマイクロ波手術器とマイクロ波アプリーターの使用法に習熟すべきである。特に、子宮の新鮮摘出標本を用いてMEAの模擬練習を行い、内膜の残存箇所を子宮鏡で検討した後、子宮壁を切開して内膜面を観察し、さらに子宮壁の断面を観察して熱変性が及んでいる深さと広がりを観察することを推奨する。マイクロ波の作用とMEAについて理解を深めるうえで臨床的実践の前にこのような模擬練習を行うことは非常に有益である。

安全に実施するために、初めて自施設でMEAを実施するときには手術見学を行うあるいはMEAの経験者に立会いを依頼するなどの準備と対策を推奨する。

百聞は一見にしかずという言葉は真理であり経験者の知識の蓄積を利用することは賢明な選択である。経験者の成功や失敗をすべて追体験する必要はない。

適応

機能性過多月経あるいは器質性過多月経を制御するために子宮内膜をマイクロ波で破壊する処置がMEAである。基底層を含めて子宮内膜を破壊すると月経出血は消失あるいは減少する。しかし、妊孕性は損なわれる。MEAは子宮摘出術の代替治療法であるのでMEAの対象となる女性は以下のような条件を満足すべきである。

1. 過多月経のために子宮摘出術その他の外科的治療が考慮される女性。
2. 過多月経の制御のための保存的治療が無効な女性。
3. 妊孕性を温存する必要がない女性。
4. 妊孕性を温存する必要はないが、子宮摘出は回避したい女性。
5. 可及的に子宮内膜悪性病変が除外できている女性。
6. 子宮筋腫・子宮腺筋症のために子宮腔が拡大・変形しているが、卵管角部・子宮底部を含めてすべての子宮内膜にマイクロ波アプリーターが容易に到達できる女性。
7. 子宮筋層の厚さが10mm未満の部位がない女性。

注意 1 帝王切開の既往がある場合も適応であるが、子宮筋層の癒痕部を画像診断で確認し、癒痕部で子宮内膜が漿膜側へ切れ込んでおり筋層が薄い場合は癒痕部へのマイクロ波照射を避けるべきである。

注意 2 卵管結紮術の既往がある場合は、postablation-tubal sterilization syndrome⁵⁾が発生する可能性があることを術前に患者に説明し、インフォームドコンセントを得ておくべきである。

注意 3 MEA は妊孕性を温存する治療法ではないが、術後も子宮内膜が一部残存し妊娠が成立する可能性は皆無ではない。従って、術後は不妊になると保証してはならない。術後の妊娠成立は例外的であるが、報告されている。MEA以外のendometrial ablationに関する報告によると、もし術後に妊娠が成立した場合、妊娠継続や分娩は癒着胎盤の頻度が高くなるので危険である^{6), 7)}。MEA後の妊娠・分娩も同様のリスクを伴う可能性がある⁸⁾。

不適応

1. 妊孕性を温存する必要がある女性
 2. 子宮内膜悪性病変（子宮内膜癌・異型子宮内膜増殖症など）の女性
 3. 子宮腔の拡大・変形が高度なため、マイクロ波アプリーターで処理できない子宮内膜が広い面積で発生すると予想される女性
 4. 子宮筋層の厚みがいずれかの部分で10mm未満である女性
- ただし、卵管角部や帝王切開の癒痕のように超音波ガイドによって容易に10mm未満の部分避けてマイクロ波を照射できる場合は不適応から除外する。

マイクロ波子宮内膜アブレーションの実施手順

術前検査

MEAを実施する前に、大量の子宮出血が発生する原因について検索が必要である(表1)。特に、大量の子宮出血が悪性子宮疾患に起因するものではないことを十分に確認する必要がある。子宮頸癌・子宮内膜癌・異型子宮内膜増殖症などを除外するため、細胞診・組織診・画像診断を適宜行う必要がある。過多月経の原因は婦人科的診察、画像診断と血液凝固能検査によって検索できる。MRI 検査あるいは超音波検査によって子宮内膜病変が疑われる場合には、子宮鏡にあわせて子宮内膜組織診を施行する。

子宮に病理組織学的異常が認められない場合でも過多月経が発症することがしばしばあることが知られている。過多月経の原因となる器質性疾患がない場合は機能性過多月経と診断する。

子宮頸管内膜の凝固を防ぐために超音波やMRIで頸管長を測定し、凝固範囲の参考にする。

MEAの実施

マイクロ波手術器のパネルの設定は出力70W、通電時間50秒とする。この設定では、マイクロ波アプリーケーター先端で約40Wの出力が得られる。

1. 出力70Wでマイクロ波を50秒照射した時点で、およそ図2のような形の領域が60°C以上に達する。水色で示した60°Cの等温線で囲まれた領域がこの時点で壊死に陥る。壊死組織の断面は長径20mm、短径16mm程度の楕円に近い形でありマイクロ波アプリーケーター表面から最大6mm程度の深さまでの組織が壊死に陥る³⁾。

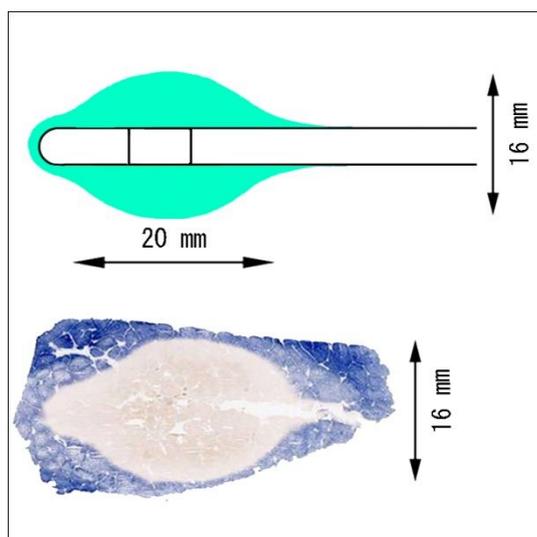


図2 マイクロ波アプリーケーター先端周囲に発生する壊死領域の形状

出力 70W で 50 秒間マイクロ波照射を照射した場合に、マイクロ波アプリーターの先端周囲に形成される 50 秒後の時点で 60°C 以上に達する領域の形と大きさ (数値計算と動物実験の結果) を示した。

上 : マイクロ波アプリーター先端の中心軸を含む断面での 60°C 以上に達する組織範囲の断面の形状 (組織は均一で温度が変化しても組織の物理的な性質は一定と仮定して数値計算した結果)。

下 : 全身麻酔下のブタ肝臓にマイクロ波アプリーターを挿入し出力 70W で 50 秒間マイクロ波を照射した後、直ちに組織を摘出しコハク酸脱水素酵素の活性の分布を生化学染色により明らかにした結果、上図とほぼ等しい形状と大きさの範囲で酵素活性が失われ、酵素化学反応による青い発色が見られない。

生体組織の電気的性質は温度に依存すること、生体組織は熱で変性すると多少収縮するため大きさが変化すること、数値計算では血流による冷却効果を見逃していることなど計算結果が実験と不一致を生じる要素は種々指摘できる。しかし、50 秒の時点では両者はよく一致している。アプリーターの軸方向に 2cm ずつ照射位置を移動する根拠はこの壊死領域の大きさと形状にある。軸に直交する方向ではアプリーター表面から 6mm 程度が 60°C に到達して組織が直ちに壊死に陥るので子宮外臓器の熱傷を避けるため子宮壁には 10mm 程度の厚さが必要である。

2. 術前の MRI 画像あるいは超音波画像から子宮腔の形状を把握し大きさを測定する。
子宮腔の底部の幅・子宮腔長・子宮頸管長はマイクロ波照射を行う位置と照射回数を術前に検討し実施計画を立てるために必要な情報である。子宮腔の大きさと形状を考慮して照射位置を決定する必要がある。
3. 十分な麻酔の後、患者を砕石位とし腔鏡で子宮頸部を露出する。
正常大で変形のない子宮腔の場合は、子宮内膜面をすべて処理するのに 6 分程度のマイクロ波照射が必要である。子宮鏡の所要時間と残存内膜を処理する必要性が生じる可能性も考えると 10 分程度の麻酔時間が必要である。マイクロ波照射に要する時間は子宮内膜の面積に比例すると考えてよい。従って、大きい粘膜下筋腫が合併している場合は子宮内膜の面積が広いので 30 分以上の麻酔時間が必要となる。症例に応じて持続静脈麻酔、腰椎麻酔、全身麻酔などを適宜選択する。
4. 子宮鏡を挿入し子宮内膜面を観察し卵管角部を確認する。また頸管内膜の凝固を防ぐために頸管長を測定しておく。高周波を通電しないので生理食塩液 (生食) など電解質を含む灌流液を使用してよい。粘膜下筋腫により子宮腔が著しく変形している場合は軟性鏡が使用できると便利である。経腹超音波画像により子宮鏡を描出しながら子宮底部まで子宮鏡を進めていく。卵管開口部が確認できない場合でも、経腹超音波画像により子宮鏡先端が到達した位置を確認しておく。なお、過多月経を示す子宮では子宮頸管を徑

4mm のマイクロ波 Applicator は容易に通過できる場合が多い。したがって、4mm 程度の子宮鏡で子宮内を観察するだけなら、頸管拡張は不要である。しかし、径が大きい子宮鏡では頸管拡張操作が必要になる。

5. 焼灼中に子宮鏡を使用しない場合は、子宮鏡検査時に注入した生食を子宮腔から十分排出させた後、マイクロ波 Applicator を経腹超音波画像で先端の位置を確認しながら挿入して行き、左右いずれかの卵管角に先端を導きマイクロ波 Applicator を子宮腔の側縁に沿わせた状態でマイクロ波を照射する。さらに 2cm 引き戻した位置でマイクロ波を照射する。子宮腔長が 7cm 程度の子宮腔ではこれで側縁の凝固は完了である。照射位置の配置計画に従って、必要があればさらに 2cm 引き戻した位置でマイクロ波照射を追加する。マイクロ波 Applicator は Applicator 表面の目盛りと術中超音波画像を参考に正確に移動させる。
6. 対側の卵管角および側縁を同様に処理する。
7. 卵管角より正中側の子宮底部へ先端を移動しマイクロ波を照射する。子宮底部の幅に応じて必要な回数の照射を行う。
8. 子宮底より 2cm 引き戻した位置での子宮腔の幅に応じて、必要な回数の照射を行う。この高さでは、特に子宮腔が粘膜下筋腫などにより拡大している場合は前壁あるいは後壁へ Applicator 先端の側面を軽く押し付ける必要がある。前後の子宮壁が離れている場合には前壁と後壁を同時にはマイクロ波照射で加熱できないからである。ただし、子宮筋全層を壊死させてしまう可能性が高くなるのを避けるため子宮筋層が薄くなるまで Applicator を強く押し付けてはならない。マイクロ波 Applicator を操作するさいには超音波画像で子宮筋層の厚みを常に観察し、厚みが不足していないことを確認する。
9. 子宮鏡下でマイクロ波を照射する際は、子宮鏡がマイクロ波 Applicator 先端に形成される発熱量分布に影響をしないように、また子宮鏡がマイクロ波で破損されないようにマイクロ波照射時には子宮鏡と Applicator 先端を 4cm 程度離す必要がある。計画に従って照射が終了したら子宮鏡で残存する子宮内膜がないことを確認する。
10. 子宮鏡で未処理の内膜が残存する箇所を発見したら、その時点の子宮鏡の先端の位置を超音波画像で確認した後、同じ超音波断面内で Applicator 先端を進めて残存箇所にマイクロ波を照射する。
11. 再度、子宮鏡で未処理の内膜がないことを確認して MEA を終了する。

注意 4

標準的なマイクロ波照射条件（出力 70W、1 箇所毎の照射時間 50 秒）ではマイクロ波 Applicator 表面から最大 6mm 程度の組織が壊死に陥る。標準設定より出力を増加させるあるいは照射時間を延長するとより深くまで子宮壁が壊死に陥る。例えば、出力 70W、照射時間 100 秒とすると 20~30%壊死の深さが増加する⁹⁾。子宮腺筋症の場合には、より深部に存在する腺筋症の病巣を処理するためにマイクロ波照射条件を強化することが考えられる。照射条

件と処理される深さに関して参考になる資料は少ないので照射条件の変更には慎重さが求められる。

注意 5

GnRH agonist や danazol を術前に投与しておき子宮内膜を低形成にしておくこと子宮内膜を基底層まで確実に処理するのに有利である。しかし、この術前準備は必須ではない。子宮壁が厚い場合は、術前処置として低エストロゲン状態を持続して子宮を萎縮させ、無処置の場合と比較して実質的により深部までマイクロ波を作用させる方法を症例によって選択してもよい。ただし、MEA の実施時に子宮壁の厚みが 10mm 未満にならないよう注意が必要である。

注意 6

MEA™ を使用した MEA 後に子宮を摘出された 23 例中 11 例では、卵管角部・子宮底部に子宮内膜が残存していたと報告されている¹⁰⁾。子宮腔の変形に MEA™ が十分対応できなかったためと推察されるが、2.45GHz の MEA においても、卵管角部・子宮底部を確実に処理することは子宮留血症を予防するために重要であると考えられる。

注意 7

術後の子宮留血症の発生を避けるため内子宮口・子宮頸管にはマイクロ波を照射しない。

参考 1

黄体期に MEA を施行する場合は、浅い curettage を行って内膜表層を除去しておくこと、その後の子宮鏡と MEA を円滑に進めることができる。内膜 curettage の後に MEA を施行する方法の安全性・有効性は症例数が小さいが報告されている¹¹⁾。

参考 2

子宮腔長がアプリーケーターより長い場合はそのままでは MEA の適応外であるが、GnRH agonist を術前に投与して子宮を縮小させると MEA を適応できようになる場合がある。

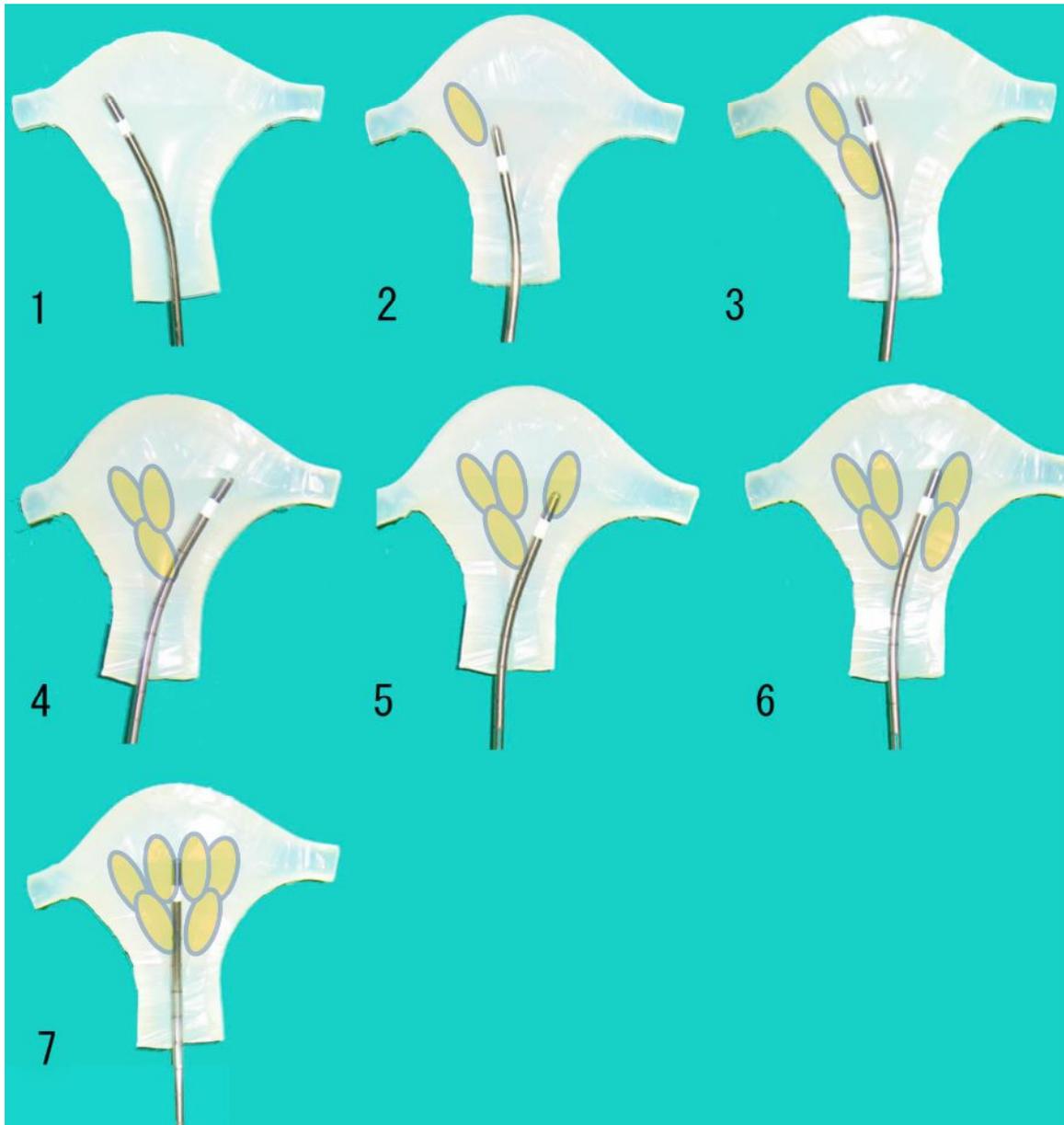


図3 子宮ファントムを用いたマイクロ波照射位置の配置の例示

このファントムの子宮腔長は8cmであり、正常よりやや拡大した変形のない子宮腔である。

マイクロ波照射位置の配置計画の例として、1：右卵管角；2：右側壁に沿って2cm引き戻した位置；3：右卵管角より1cm内側；4：左卵管角；5：左側壁に沿って2cm引き戻した位置；6：左卵管角より1cm内側；7：子宮底部中央の順にマイクロ波を照射する場合を図示した。図2の壊死領域の大きさを考慮するとこの計画を実行すれば内膜がすべて処理される。

合併症

予想可能な術後の症状・合併症

1. 下腹部の鈍痛

術後に患者は下腹部に鈍痛を訴えるが、大部分はNSAIDs 坐薬を1回投与するだけで制御可能である。疼痛が強い場合はペンタゾシンを投与することも適宜考慮する。

通常の経過では、翌日には疼痛は消失している。

2. 水様帯下

水様帯下が増量するが術後4週間程度で消失する(経験ある術者によると、術後の症状として、術後しばらく帯下が続くが、そこに月経が重なると大量に出血しているような錯覚に患者が陥ることがある。5-6人の術後患者から、術後に大量出血があったと苦情の電話があった。しかし、水様帯下が消失する2ヶ月目以降から月経出血量が顕著に減少したため患者は納得した)。

これらが通常の術後経過で見られる症状である。

3. postablation-tubal sterilization syndrome

卵管結紮術の既往がある場合は、postablation-tubal sterilization syndrome⁵⁾が発生する可能性がある。これは卵管結紮術を受けた女性が子宮内膜アブレーションの術後に卵管角部に膿瘍を発生するものである。卵管結紮術の既往歴があることは子宮内膜アブレーション後に子宮摘出術が行われるリスクを高めると報告されている⁵⁾。

4. 子宮留血症

術後数ヶ月を経て、内子宮口付近が瘢痕収縮により閉鎖し子宮留血症が発生する場合は知られている。子宮留血症による月経痛が増悪するため子宮摘出に至った症例が海外では報告されている¹¹⁾。子宮留血症は内子宮口付近にマイクロ波を照射しないように注意すれば防止できる。

子宮留血症の予防

内子宮口と子宮頸管へのマイクロ波照射を避ければ子宮留血症の発生は回避できるはずである。しかし、マイクロ波アプリーターの側面に描かれた1cm 間隔の黒い線を目印に使用して腔内で先端から何 cm までマイクロ波アプリーターが挿入されているのかを確認することは必ずしも容易ではない。そこで、子宮頸管あるいは内子宮口を完全に照射領域外におくためには工夫が必要である。

ある術者の指摘によれば、まず、内子宮口付近を含めたすべての子宮内膜を壊死させ無月経を導くことを目標にはしないことが要点である。すなわち、無月経は結果でありMEAにより鉄欠乏性貧血の治療が不要になれば治療は成功である。MRI、超音波に加えてファイバー子宮鏡を併用して頸管長を確認し、内子宮口より1cm 上方までのマイクロ波照射に留める。ファイバー子宮鏡の併用は推奨できる予防策である(ファイバー子宮鏡併用が予防策としては最も確実な方法であり、

術中に凝固状態も確認できるので必須とある熟練者は考えている)。また手術の2~3週間後に外来で Hegar 頸管拡張器 No. 2~3 を子宮腔まで通過させることにより頸管の瘢痕収縮を予防する。

5. 子宮内感染

MEAにより子宮内膜および隣接する筋層さらに、粘膜下筋腫がMEAによって壊死に陥った場合は筋腫も含めて、子宮内に壊死組織が存在する状態になる。腔から逆行性の感染が発生すると、子宮の鈍痛と悪臭を伴う帯下の増量を認めるようになり、腹膜刺激症状を伴うこともある。

このようなMEA後の感染の正確な発生率は不明であるが、数%程度はありと推定される。

このような感染に対して、子宮腔内を洗浄し壊死組織を排出させるとともに抗生物質を投与する。ある術者の経験では、術後に子宮筋層、特に筋腫が壊死して発熱や感染兆候が見られた患者が数名あり、抗生剤点滴を要した患者が3名あった。ある術者の経験では外来で子宮内の壊死組織を洗浄して排出させ抗生剤を投与した患者が2名、入院し抗生剤を点滴した患者が2名あり大腸菌や腸球菌が起炎菌であった。さらにある術者は粘膜下筋腫の合併例で、MEAにより壊死した筋腫に感染が発生し治療が必要になった患者を経験した。子宮内の壊死組織に発生する感染は、子宮に局限し感染組織や膿が子宮口から順調に排出されれば抗菌薬で十分対応できると考えられる。しかし、起炎菌によっては重症化する可能性があるため、術後3カ月程度は患者自身にも帯下の増加・下腹痛・発熱などの症状があれば早めに受診するように注意を喚起しておくことが望ましい。

重篤な合併症

1. 子宮穿孔

低侵襲性が特長のMEAであるが、重篤な合併症を引き起こす可能性は皆無ではない。海外では数万名の患者がMEA™ Systemで治療されている。過多月経の治療効果はおおむね良好である。しかし、MEA™ System開発時の多施設共同研究では子宮穿孔は4例/1433例、内臓熱傷は1例/1433例で発生したとの報告がある¹²⁾。この内臓熱傷の1例は頸管拡張時の子宮穿孔に気づかずマイクロ波アプリーターを腹腔内に挿入しマイクロ波を照射したためMEA後に消化管の部分切除を必要とした例である。MEA™ Systemで使用されるマイクロ波アプリーターは直で径が8mm以上あり、MEAを行うには頸管拡張操作が必要である。頸管拡張を盲目的操作で行うとHegar頸管拡張器で誤って子宮穿孔を発生させ、しかも子宮穿孔に気がつかない可能性がある。

一方、2.45GHzのMEAでは、マイクロ波アプリーターの径は4mmであり頸管拡張操作を行わなくてもマイクロ波アプリーターを子宮内に挿入できる。しかし、太い子宮鏡を使用しなければならない場合には頸管拡張操作が必要である。いずれにせよ子宮穿孔を回避するためにHegar頸管拡張器や子宮鏡を挿入するときも超音波ガイドを行うことを推奨する。超音波ガイドにより子宮穿孔のリスクが非常に低くなり重篤な合併症が予防されると思われる。

術中の経腹超音波ガイドに際して、膀胱の充満が不十分で子宮腔内のマイクロ波アプリケーション先端の観察に支障がある場合は Foley カテーテルを膀胱内に留置し生食を注入して膀胱を充満させてから MEA を実施することが望ましい。子宮穿孔に気がつかずに腹腔内へアプリケーション先端を挿入しマイクロ波を照射して子宮外臓器を傷害する可能性は、術中超音波の使用によって非常に低くなるはずである。

2. 子宮穿孔を伴わない子宮外臓器の熱傷

MEA™ System による MEA では、子宮穿孔を伴わない子宮外臓器の傷害例が少なくとも 11 件報告されている¹³⁾。米国外での MEA™ System の使用による合併症で子宮外臓器の熱傷が目立つことを重視した米国 FDA は MEA™ System の承認にあたって、子宮穿孔を伴わない子宮外臓器の熱傷発生を防止するため子宮壁がいずれの箇所でも 10mm 以上の厚みをもつという適応条件を追加した。この条件が追加された後の 5000 例で子宮外臓器の熱傷は 1 例も発生しなかった。このように、適応を守ることが安全な MEA の前提である。

MEA™ System ではアプリケーション先端の温度を測定しつつ連続してマイクロ波を連続的に照射し先端をゆっくり移動させる。いっぽう、2.45GHz の MEA では予定の照射箇所に超音波ガイド下にマイクロ波アプリケーション先端を導いたら一旦固定し 50 秒間マイクロ波を照射してから次の照射箇所へ移動する方式である。そのため、2.45GHz の MEA では子宮筋層が 10mm 以上ある場合には偶発的に全層を熱で壊死させる可能性は低いと考えられる。

膀胱や消化管などの子宮外臓器への合併症を回避するための対策の例を以下に紹介する。子宮筋層が 10mm 以上あれば、子宮外臓器を熱で障害する可能性は低いと考えられるので、MRI あるいは超音波によって子宮腔の形状と子宮筋層の厚さの検討を子宮腔全体にわたって詳細に行う。特に子宮筋腫により子宮腔が拡大し、前あるいは後のいずれかの子宮壁が伸展されている場合は、伸展された子宮壁の厚みをよく検討する。担当医以外の婦人科医あるいは放射線科医も参加して検討し MEA の適応の可否を決定する。さらに、術前の画像診断で必ず子宮腔の形状や子宮壁の厚さが完全に把握できるわけではないことも承知している必要がある。術前に画像診断を行った状態と、腔鏡を装着して腔部を鉗子で牽引した状態とでは子宮腔の位置や方向が異なってくる。また、マイクロ波アプリケーションを子宮内へ挿入すると子宮腔の方向や子宮壁の厚さが変化する。実施時に、術者のほかに超音波プローブの操作を担当する助手がいれば、子宮筋層の厚さを術者と協力して監視できるので安全性が向上する可能性がある。マイクロ波アプリケーションの先端を誘導すると同時に、照射位置での子宮筋層の厚さを再確認することが術中超音波の重要な役割である。

適応を検討する段階で、ソノヒステログラフィーを行うと、子宮腔が液体で充満されていない状態で撮像される MRI では十分把握できない子宮底部での子宮腔上縁を明らかにできる可能性がある。また子宮腔が拡大されて子宮壁が伸展された状態での厚さを測定できる可能性がある。さらに、マイクロ波アプリケーションと同等の湾曲をもつ子宮ゾンデが子宮壁を伸展させることなく挿入可能であることを経腹超音波下に確認する。また、MRI で子宮漿膜面

に腸管が接して描出された場合は、超音波画像で連続して腸管を観察し、子宮に腸管が癒着していないことを確認する。子宮に腸管が癒着していることが疑われる場合には、子宮筋層が確実に 10mm 以上ある場合を除いて腸管の直下ではマイクロ波照射を行わない。

以上のような対策をとることで消化管の熱傷が完全に防止できることを期待しているが、MEA の症例数がさらに増加した段階で再度検討されるべきである。

MEA の術後の評価

術後 1 週間程度に外来を受診させ、子宮内感染のないことおよび子宮内に液体の貯留がないことを確認する。術後 3 ヶ月に外来診察を行い過多月経の改善について検討する。過多月経の再発、再燃例は 6 カ月以内であることが多いので最低 6 カ月以上の経過観察を行うことを推奨する。

2. 45GHz のマイクロ波による MEA は未だ症例数が少ないため、術後の長期経過の情報を集積する努力が望まれる。このため、経過観察の重要性を患者に退院時によく説明することが望まれる。治療成績は治療による効果や有害事象などを含めて多面的に検討する必要がある。術後の検討課題として以下のような項目を挙げることができる。

画像診断に関して

- 術後に Gd 造影 T1 強調画像もしくは超音波ドップラー画像により子宮腔周囲が無血流領域となっていることを確認できる。術後 1 月では壊死によって発生した新規の無血流領域が描出される。

術後早期の画像診断に関して、いつ行くと MEA の効果と関連が深い有用な情報が得られるのかは検討課題である。

血液所見に関して

- 術後の血液所見の検討

術前術後の貧血の改善は MEA の効果の客観的指標となるが、いつ血液検査をおこなうと MEA の効果と関連が深い有用な情報が得られるのかは検討課題である。

術後 3 月で月経の状態は安定し MEA が有効ならば Hb の改善が認められるといわれている。

月経関連症状の改善度の評価

- Visual Analog Scale を用いる

術前術後の満足度、月経量、月経痛に関する患者の主観的評価を記録する。

最適な評価時期と間隔に関しては今後の検討が必要である。

術後の感染症や合併症の有無の検討

過多月経の再発によって 2 回目の MEA を施行する頻度あるいは子宮摘出術施行の頻度など

も今後評価していく必要がある。

以上のような観点から MEA の評価を行うために、マイクロ波手術器の製造販売業者が 2010 年 7 月以降に先進医療として実施された症例について「マイクロ波子宮内膜アブレーション (MEA) 使用成績調査」を行っている。多数例が集積されれば MEA の長期成績が明らかになると期待される。

引用文献

1. Sharp N, Cronin N, Feldberg I, et al. Microwaves for menorrhagia: a new fast technique for endometrial ablation. *Lancet* 346:1003-1004, 1995
2. Hodgson DA, Feldberg I, Sharp N, Cronin N, Evans M, Hirschowitz L. Microwave endometrial ablation: development, clinical trials and outcomes at three years. *Br J Obstet Gynaecol.* 1999; 106: 684-94
3. Nakayama K, Rahman MT, Rahman M, Ishikawa M et al. Microwave endometrial ablation is a highly efficacious way to emergently control life-threatening uterine hemorrhage. *Arch Gynecol Obstet.* 2010.
4. 金岡 靖 シンポジウム 4 安全性確実性の向上を目指した婦人科手術の工夫
湾曲した子宮内膜アブレーション用マイクロ波アプリーターの開発 *日産婦誌* 2004;
56: 1345-1352
5. McCausland AM, McCausland VM. Long-term complications of endometrial ablation: cause, diagnosis, treatment, and prevention. *J Minim Invasive Gynecol.* 2007; 14: 399-406.
6. Patni S, Elgarib M, Majd S, Edwards J, Ashraf A. Endometrial resection mandates reliable contraception thereafter - a case report of placenta increta following endometrial ablation. *Eur J Contracept Reprod Health Care.* 2008;
13: 208-211.
7. Hamar B, Wolff E, Kodaman P, Marcovici I. Premature rupture of membranes, placenta increta, and hysterectomy in a pregnancy following endometrial ablation. *J Perinatol.* 2006; 6: 135-137.
8. Lo JS, Pickersgill A Pregnancy after endometrial ablation: English literature

- review and case report. *J Minim Invasive Gynecol.* 2006; 13 : 88–91.
9. Kanaoka Y, Hirai K, Ishiko O. Microwave power and duration without extra-uterine thermal damage in microwave endomyometrial ablation at 2.45GHz. *J Obstet Gynaecol Res* 2005; 31: 359–367
 10. Sharp N, Hodgson DA, Elard MA, Feldberg I. Microwave endometrial ablation: prospective study covering 4 years' experience of over 300 patients. *Alternative to Hysterectomy: Proceeding of the World Congress on Alternative to Hysterectomy* 2000: 183–186
 11. Husang MC, Chen CP, Su TH et al. Safety and efficacy of microwave endometrial ablation after endometrial curettage without hormonal pretreatment. *Taiwan J Obstet Gynecol* 2007; 46: 152–156
 12. Downess E, O' Donovan P. Microwave endometrial ablation in the management of menorrhagia: current status. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2000 ; 12 (4):293–296.
 13. PMA P020031: Summary of safety and effectiveness data Microwave Endometrial Ablation (MEA) System. Food and Drug Administration, USA (2003)

表1 大量子宮出血もしくは過多月経の原因

出血原因の分類	疾患		
1. 子宮頸部の異常	子宮頸癌	頸管ポリープ	出血性びらん
2. 子宮体部の異常	子宮体癌	子宮肉腫	子宮内膜増殖症
	子宮内膜ポリープ	子宮腺筋症	子宮筋腫
3. 妊娠関連	子宮外妊娠	流産	絨毛癌
4. 血液疾患	再生不良性貧血	骨髄異形成症候群	特発性血小板減少症
5. その他	甲状腺機能低下症	透析患者	IUD 挿入中
6. 機能性過多月経			