

産婦人科領域におけるレーザーの応用

獨協医科大学 産婦人科

深澤 一雄

はじめに

1917年 Einstein が誘導放出によって光を人工的に作り出すことができると提唱して以来、1954年 Townes による MASER の開発、1958年 Townes & Schawlow による LASER 原理の発表につづき、1960年 Maiman が初めてルビーレーザーの発振に成功すると、早速眼科、皮膚科領域等で臨床応用されるようになった。60年代にはまた CO₂、アルゴン、Nd-YAG レーザーが次々に開発され医学への応用が試みられた。70年代に入り CO₂ レーザーが初めて臨床応用されるようになったことは周知の如くである。産婦人科領域では1973年 CO₂ レーザーを用いた Kaplan ら¹⁾ による子宮腔部びらんの治療が最初である。その後は1974年 Bellina²⁾ による尖圭コンジローマの治療、1977年 Stafl ら³⁾、1978年 Carter ら⁴⁾ による子宮頸部上皮内腫瘍の治療とつづき、わが国で産婦人科にレーザーが導入されたのは1978年以降^{5, 6)}

のことである。

現在産婦人科領域では CO₂ レーザー、Nd-YAG レーザー、KTP レーザー、エキシマダイレーザーなどがそれぞれの特徴を生かして子宮頸部、膣、外陰や腹腔内病変の治療に用いられている。当科では非接触性照射で生体組織の切開、蒸散能に優れ、残存する生体組織への損傷が軽微な CO₂ レーザーを用いている。産婦人科領域でレーザー治療の対象となる疾患を表1に示し、代表的疾患について概説する。

1 子宮頸部上皮内腫瘍、微小浸潤癌

子宮頸癌の前癌病変である子宮頸部異形成、0期子宮頸癌（上皮内癌）に対して行うレーザー治療にはレーザー蒸散術とレーザー円錐切除術がある。CO₂ レーザー蒸散術⁷⁾ では最終的な組織学的確認ができないため、治療前の細胞診、コルポスコプ（拡大鏡）診、組織診で浸潤癌を疑う所見がないという適格基準を厳守するとともに、とくに高度異形成、上皮内癌の場合は、万が一浸潤癌であった場合の再発に備え、治療後の厳重な経過観察が必要である。

治療前に微小浸潤癌、あるいは細胞診、コルポスコプ診、組織診いずれかに浸潤の疑いがある場合は、最終的な組織学的確認が必要なため、診断を兼ねたレーザー円錐切除術となる。円錐切除術には CO₂⁸⁾、Nd-YAG、KTP⁹⁾ レーザーが多く用いられている。

術後合併症としては出血、頸管狭窄、頸管粘液減少、月経痛増悪、流早産増加などがある。出血に関しては術後約6週間で創傷面は治癒状態となるが、術後4週間は出血リスクがあるため性交を

表1 産婦人科領域におけるレーザー治療対象疾患

子宮頸部	上皮内腫瘍(異形成、上皮内癌)、微小浸潤癌 (Ia1)、尖圭コンジローマ、ポリープ、筋腫分娩、子宮内膜症、子宮腔部びらん
膣	上皮内腫瘍、尖圭コンジローマ、膣嚢腫、膣断端肉芽、子宮内膜症、処女膜閉鎖、膣中隔
外陰	上皮内腫瘍、尖圭コンジローマ、バルトリン腺嚢胞・膿瘍、外陰掻痒症
腹腔鏡下手術	子宮内膜症、卵管性不妊、子宮外妊娠、多嚢胞性卵巣症候群、卵巣出血、骨盤腹膜炎、子宮筋腫
胎児治療	双胎間輸血症候群

表 2 腫瘍外来小手術内訳(2011 年度)

LEEP 円錐切除術	81 例
レーザー蒸散術 中等度異形成	10 例
尖圭コンジローマ	13 例
子宮鏡	14 例
ポリープ切除、筋腫分娩切除その他	11 例
計	129 例

表 3 アルゴンダイレーザーによる PDT 結果

上皮内癌	20 例			
子宮摘出	15 例	病変遺残なし	7 例	
		あり	8 例	異形成上皮 6 例
				上皮内癌 2 例
経過観察	5 例	病変遺残・再発なし	5 例	

禁じている。流早産に関しては、レーザー蒸散術では円錐切除術と違ってそのリスクを高めないと報告がある。

円錐切除術に関して最近では高周波電流を用いたループ型電極による円錐切除術 (loop electro-surgical excision procedure : LEEP) が盛んに行われるようになってきた¹⁰⁾。電極の大きさや形に応じた切除範囲になるため、標本が複数個に分かれ病理組織学的判定が困難になる場合があるが、比較的手技が容易なため短時間で施行可能である。当科でも現在は LEEP を多用している。表 2 に 2011 年度の当科での外来小手術内訳を示す。2 年以上にわたって病変が継続した 10 例の中等度異形成症例に対して CO₂ レーザー蒸散術を行った以外は、81 例に LEEP 円錐切除術を施行した。今後は将来の妊孕性を可及的に温存するために、治療前診断を厳密に行って適格基準を満たす高度異形成や上皮内癌症例に対しては、CO₂ レーザー蒸散術を行うことを検討中である。

妊孕性温存に関しては、子宮頸部に対して最も侵襲が少ない治療法は光線力学的療法である (photodynamic therapy : PDT)。腫瘍親和性光感受性物質の腫瘍組織への取り込みを利用して、低出力レーザーにより腫瘍組織を選択的に消滅させる治療法である。現在当科では行っていないが、1980 年代のレーザー治療揺籃期にアルゴンダイレーザーを使用する機会に恵まれたので紹介する¹¹⁾。Coherent 社製 PRT-102 のアルゴンダイレーザーによる波長 630 nm の赤いレーザー光を用いた。腫瘍親和性光感受性物質へマトポルフィリン誘導體 (HpD) を 2.5 mg/kg 静注して 48 ~ 72 時間後に、あるいは子宮頸部病変部位外側粘膜下に HpD を 30 ~ 40 mg 分注して 48 時間後に PDT を施行した。

コルポスコープ下に観察された病変部を中心

に、ファイバー先端出力 100 ~ 300 mw にて 20 ~ 40 分間照射した。上皮内癌 20 症例に施行し、妊孕性温存の必要ない 15 例に対しては PDT 施行 7 ~ 10 日後に子宮を摘出し、病変遺残の有無を検討した。妊孕性温存の 5 例については経過観察し、上皮化がほぼ終了する照射後 8 週目に病変遺残の有無を確認した。結果を表 3 に示す。病変遺残を認めた 8 例はいずれも微細な病変で、多くは細胞組織学的には変性像でレーザー効果を認めた。経過観察していれば病変は消失するものと考えられた。経過観察の 5 例では病変遺残はなく、観察期間 3 年で再発を認めなかった。最も問題となる有害事象は光線過敏症で厳格な遮光管理下でも発症した。しかしほとんどの症例は軽症で、基本的にはステロイド軟膏の塗布や抗アレルギー剤の内服により数日間で改善した。最近ではフォトフリン静注後にエキシマダイレーザーが用いられているが¹²⁾、やはり光線過敏症が最も注意すべき有害事象である。この発症が少なく入院期間も短くてすむ PDT が導入されれば、需要はさらに高まると考えられる。

2 尖圭コンジローマ

ヒトパピローマウイルス 6,11 型により外陰、膣、子宮頸部にできる尖圭コンジローマに対して、CO₂ レーザー蒸散術は最もよい適応である¹³⁾。病変部の蒸散とともにウイルス自体も壊される。局麻下にレーザー照射するが、病変部が広い場合は治療後に疼痛、熱感を生じる可能性があるため、1 回ですべてを照射することはせずに数回に分けて行う。レーザー照射が免疫能を高めるとの報告もあり、実際 1 回目の照射後、次回来院時に照射野外のコンジローマ病変が自然消失している場合が

ある。逆に治療に難渋する症例では、コンジローマが肛門から直腸粘膜に及んでいる場合があり、注意深い観察が必要である。実際 2011 年度 13 例の尖圭コンジローマに対して行った CO₂ レーザー蒸散治療で 1 例に病変遺残を認めたが、コンジローマが直腸粘膜に及んでいた症例であった。

3 処女膜閉鎖、膣中隔

もとよりレーザーでなければ治療できないという疾患ではないが、膣周辺臓器（膀胱、尿道、直腸）への影響を考え、通常の電気メスよりも組織障害が少ないレーザーの方がよい適応となる場合がある。

4 バルトリン腺嚢胞・膿瘍

バルトリン腺嚢胞・膿瘍の治療には穿刺吸引と手術がある。手術には嚢胞・膿瘍の切開、摘出と造袋術があるが、再発を防ぎ、なおかつ分泌機能を維持するためには造袋術が推奨される。嚢胞上の膣前庭粘膜を切開し嚢胞壁をあらわにし、次いで嚢胞壁に切開を加えて内容を排出させた後、嚢胞切開縁と粘膜切開縁とを結節縫合して開口部を作る手術である。CO₂ レーザー開窓術では嚢胞・膿瘍の長径に沿って CO₂ レーザーのフォーカストビームで切開し、切開縁より出血があればデフォーカストビームで凝固止血するのみである。ただし術後に切開縁の癒着により創が閉鎖しないように注意しなければならない。

5 腹腔鏡下手術

腹腔鏡下手術では KTP レーザーが良く用いられる¹⁴⁾。KTP レーザーは波長 532 nm の緑色の光を発するもので組織破壊の深さは 2 mm と浅く、組織の切開、蒸散を行いつつ止血も行い得る。ヘモグロビンの吸収域内にあるため止血効果が大きく、水にはほとんど吸収されないため洗浄しながらの止血も可能である。組織との距離、すなわち接触、近距離、非接触によりそれぞれ切開、蒸散、凝固止血と異なった機能を発揮できる。Nd-YAG レー

ザーが併設されている場合には切り替えにより深部の凝固止血が得られる。ただし最近では止血に関しては血液の凝固、血栓に頼らずに血管の内腔を完全に融合一体化することで血流を遮断する vessel sealing system が腹腔鏡下手術でも汎用されるようになった。

5.1 子宮内膜症

腹腔鏡下手術でレーザー治療の対象となる疾患ではまず子宮内膜症がある¹⁵⁾。内膜症患者の骨盤腔内には表在性、深在性病巣、癒着や癒着が混在している。表在性腹膜病変の蒸散や膜性癒着の剥離は比較的容易に行える。ブルーベリー班やヘモジデリン沈着、腺構造を持った表面隆起などいずれも血液成分を含んでいるので、蒸散や凝固止血を適宜行う。深在性病巣や強固な癒着では病巣を段階的に切開、切除してその奥に存在するかもしれない臓器に対する損傷に注意を要する。

子宮内膜症患者はしばしば強い月経痛や性交痛を訴える。痛みの発生機序は明確ではないが、仙骨子宮靭帯内の交感神経線維が痛み刺激を伝達しており、仙骨子宮靭帯神経切断術 (laparoscopic uterosacral nerve ablation:LUNA) によりこの伝達経路を遮断すると、月経痛や性交痛が著明に改善される場合がある¹⁶⁾。

内膜症病巣が卵巣深部に潜り込み、そこで出血を繰り返して形成されるチョコレート嚢胞もレーザーのよい適応である¹⁷⁾。卵巣に対して可及的に低侵襲で卵巣機能に考慮すると、嚢胞核出術よりも嚢胞開窓術と嚢胞内面の蒸散が望ましい。高周波電極による嚢胞内面の処理では、レーザーよりもさらに組織変性が少ないとの報告もある。嚢胞核出を行わずに蒸散する場合は、万が一の悪性腫瘍を見落とす可能性がある。術前に腫瘍マーカーや画像診断などで十分に検討し、術中は嚢胞内面の観察を十分に行い、乳頭状増殖などの悪性腫瘍を疑わせる所見がないことを確認する必要がある¹⁸⁾。

5.2 卵管性不妊

卵管性不妊の原因となる卵管周囲癒着や卵管采癒着に対する癒着剥離術、卵管留水腫に対する卵

管開口術も通常の電気メスでは組織変性が大きいのでレーザーのよい適応である。

5.3 子宮外妊娠

経膈超音波検査により子宮外妊娠の破裂前早期診断が可能となった。この症例に対して行う腹腔鏡下手術には卵管摘出術と卵管保存手術がある。挙児希望がなく卵管を保存する必要がない場合は卵管摘出術となる。卵管保存手術の適応としては卵管膨大部妊娠で未破裂、腹腔内大量出血がなく患者の一般状態が良好であることである。卵管間膜内に **vasopressin** を注入し血流の減少を図った後、卵管の最も膨隆した部位をレーザーで切開し、卵管内の内容物を一塊として摘除する。摘除後はよく洗浄、吸引し、卵管切開部分は無縫合のままとする。レーザーで止血できない場合は卵管組織の保存が不可能と判断し、やむを得ず卵管摘出術を行う。保存できた場合は万が一の絨毛残存に対して術後の血中 **hCG** 値の経過観察が必要である¹⁹⁾。

5.4 多嚢胞性卵巣症候群

多嚢胞性卵巣症候群 (**polycystic ovary syndrome: PCOS**) は月経異常、血中 **LH** 高値、多嚢胞性卵巣を主徴とする複雑な病態を示す症候群である。挙児希望がある **PCOS** 患者で問題となるのは排卵障害である。クロミフェン療法やゴナドトロピン療法が無効な難治性排卵障害に対して、以前は開腹下に卵巣楔状切除術が行われていたが、術後癒着などにより却って妊孕性が低下することが報告され、近年ではレーザーによる腹腔鏡下手術、卵巣表面に孔をあける腹腔鏡下卵巣多孔術 (**laparoscopic ovarian drilling: LOD**) が主流となってきた。**KTP** レーザーの照射孔を卵巣表面に直角に接触させ、出力 **10 W** で1回の照射を **2 ~ 3** 秒とし、卵巣表面の白膜を貫通し開窓させる。孔の数は一側の卵巣あたり **20** カ所程度とする。**LOD** では卵巣組織の消失はほとんどなく、術後の癒着も開腹下の卵巣楔状切除術に比して軽減されている²⁰⁾。

5.5 骨盤腹膜炎

性感染症の一つであるクラミジア感染症は、子宮頸管炎からさらに上行性感染を起こすと、子宮付属

器炎、骨盤腹膜炎と腹腔内に感染が広がる。さらに肝臓まで感染が広がり肝周囲炎を起こすと **Fitz-Hugh-Curtis** 症候群という。骨盤腹膜炎により骨盤内に種々の程度の癒着が起こるだけでなく、肝周囲炎を起こすと肝周囲の被膜と腹膜との間に線維索性炎症による癒着が形成され、腹痛の原因となる。腹腔鏡はクラミジア感染症による腹膜炎後の癒着に対して、診断と治療を同時に行うことができるため非常に有用である。抗生剤による治療で症状が消えない場合は、腹腔鏡下に癒着を切離する必要がある。腹膜炎による癒着では膜性癒着が多いため、レーザーによる切離が非常に有用である。

6 胎児治療

双胎間輸血症候群 (**twin-twin transfusion syndrome: TTTS**) は一絨毛膜性双胎の **10 ~ 15** % に合併する疾患で、胎盤に存在する吻合血管を介して、両胎児間に血流の不均衡が生じることで発症する。一児は循環血液量が増加するために高血圧となり、腎血流量も増加し多尿をきたして羊水過多になるとともに、うっ血性心不全の合併により胎児水腫に進行する場合がある。他児は循環血液量が減少するために腎血流量も減少し、乏尿をきたして羊水過少となる。**TTTS** の診断は、両胎児の循環血液量の不均衡を反映する羊水腔の測定によってなされる。

TTTS の治療には進行する羊水過多を是正する目的の羊水穿刺と、胎盤吻合血管を子宮内で凝固

表4 TTTS に対するレーザー凝固術の適応と要約

適応
1 TTTS MD 双胎、羊水過多(MVP ≥ 8cm)・羊水過少(MVP ≤ 2cm)
2 妊娠 16 週以上、26 週未満
要約
1 未破水
2 羊膜穿破・羊膜剥離がない
3 明らかな切迫流産早産徴候がない (頸管長 20mm 以上原則,10mm 以下禁忌)
4 重篤な胎児奇形がない
5 母体に大きなリスクがない
6 母体感染症がない(HBV、HCV 原則、HIV 禁忌)

遮断する胎児鏡下胎盤吻合血管レーザー凝固術 (fetoscopic laser photocoagulation: FLP) がある²¹⁾。まず超音波ガイド下で経皮的に胎児鏡を羊水過多の羊膜腔 (受血児側) に挿入し、胎盤血管を観察する。双胎間の吻合血管を捜し出して、羊水中を透過し止血能力に優れた Nd-YAG レーザーを用いて吻合血管を凝固する。動脈—静脈吻合のみならず、動脈—動脈吻合、静脈—静脈吻合すべてを凝固する。両児間の血管吻合を遮断することにより血流不均衡が是正されるため、根治療法となる。限られた施設でのみ行われているが、レーザー凝固術の適応と要約 (表 4) を満たせば、根治療法であるので試みられるべき治療法である。

おわりに

以上、産婦人科領域におけるレーザー治療の代表的な対象疾患について概説した。レーザー光はその媒質によって特性が異なるため、性質、特徴を十分に理解して上手に治療応用することが重要である。またレーザー光は人工の光なので、自然光にはない特徴を有している。直進性・平行性や高集光性・高出力性などであり、反射されたレーザー、散乱されたレーザーでもこれらの特徴があるために危険である²²⁾。皮膚では火傷、眼に照射された場合は視力低下や視野狭窄、失明を引き起こす。火傷は痕跡が残ったとしても機能障害になることはほとんどない。しかし眼の場合は視力が回復することはなく機能障害を残す。従って最も注意しなければならないことは、誤ってレーザーが眼に照射されることである。実際の事故ではレーザーが直接人体へ照射される例よりも、何かに反射あるいは何かで散乱してから照射される例が多い。産婦人科領域で汎用される Nd-YAG、KTP レーザーは角膜、レンズを通過して網膜まで達するので、眼にとって最も危険である。CO₂ レーザーは角膜で吸収され損傷を引き起こすが、網膜には到達しない。従って誤照射、反射光、散乱光から眼を保護するために、術者のみならず全員が防護メガネを装着する。レーザー光の特性をよく理解し、レーザー治療の有用性を高めるとともに、安全対策にも努めなければならない。

参考文献

- 1) Kaplan I, *et al* : The treatment of erosions of the uterine cervix by means of the CO₂ laser. *Obstet Gynecol* 1973, **41**:795-796
- 2) Bellina JH : The use of the carbon dioxide laser in the management of condyloma acuminatum with eight-year follow-up. *Am J Obstet Gynecol* 1983, **147**:375-378
- 3) Staffl A, *et al* : Laser treatment of cervical and vaginal neoplasia. *Am J Obstet Gynecol* 1977, **128**:128-136
- 4) Carter R, *et al* : Treatment of cervical intraepithelial neoplasia with the carbon dioxide laser beam. A preliminary report. *Am J Obstet Gynecol* 1978, **131**:831-836
- 5) 新井正夫、他 : YAG レーザーを用いた子宮頸部病変の治療、産婦治療、1982、**45**:657-664
- 6) 長田尚夫 : レーザーマイクロサージェリー、1987、産婦人科 Mook **39**:144-157, 金原出版
- 7) 河野光一郎、他 : 子宮頸部上皮内腫瘍に対するレーザー蒸散術、産と婦、2010、**77**:369-372
- 8) 植田多恵子 : レーザーによる円錐切除術 1 (CO₂ レーザー)、産と婦、2010、**77**:373-377
- 9) 松本浩範、他 : レーザーによる円錐切除術 2 (KTP レーザー)、産と婦、2010、**77**:380-384
- 10) 久布白兼行 : 子宮頸部円錐切除術、日産婦誌、2005、**57**:N437-N442
- 11) 高見澤裕吉、他 : 婦人科疾患とレーザー治療、産婦治療、1988、**57**:391-396
- 12) 武田 理、他 : 子宮頸部腫瘍に対する光線力学的療法、産婦治療、2007、**95**:292-298
- 13) 脇田邦夫、他 : 外陰・腔病変に対するレーザー治療、第 14 回日本レーザー医学会大会論文集、1993、201-204
- 14) 佐治文隆、他 : KTP/YAG レーザー、産と婦、1993、**60**:1574-1580
- 15) 杉並 洋 : 子宮内膜症の手術療法、産婦の世界、2006、**58**:637-645
- 16) 小島謙二、他 : レーザーと産婦人科手術、日本レーザー医学会誌、**15**:39-45
- 17) 大高 究 : チョコレート嚢腫の腹腔鏡下治療、日産婦内視鏡学会誌、1997、**13**:149-152
- 18) 金枝貴史、他 : 子宮内膜症性嚢胞症例における電気メス・レーザー・高周波電極による凝固の比較、日産婦東京会誌、2004、**53**:203-206
- 19) 上浦祥司、他 : 内視鏡下レーザー治療と従来の外科治療との比較、日本レーザー医学会誌、1994、**15**:9-16
- 20) 杉山里英、他 : 排卵誘発が困難である多嚢胞性卵巣症候群に対する腹腔鏡下卵巣多孔術の効果、日本受精着床学会雑誌、2009、**26**:55-60
- 21) 中田雅彦 : 双胎間輸血症候群とレーザー治療、産婦の実際、2009、**58**:59-63
- 22) 橋新裕一 : レーザーの安全性と危険性の判断、*Medical Photonics*、2012、**8**:40-48

深澤 一雄 (ふかさわ いちお)

獨協医科大学 医学部産科婦人科学講座 主任教授

