照射方向可変式ならびに照射野可変式レーザーハンドピースの試作

DEVELOPMENT OF VARIABLE BEAM DIRECTION LASER
HANDPIECE AND VARIABLE BEAM ANGLE LASER HANDPIECE

長 澤 明 範* 鈴木 正 根**

Akinori NAGASAWA*, Masane SUZUKI**

* 東京都立広尾病院 ** 富士写真光機株式会社

*Metropolitan Hiroo General Hospital , ** Fuji Photo
Optical Co., LTD

ABSTRACT

Conventional laser handpieces for medical laser equipment have some practical problems when used for treatment in such narrow fields of operation as body cavities. One of the greatest problems is that the location of the target for the laser is limited to some restricted parts of the surface of the subject region because of the fixed direction of the laser beam shot out from the laser handpieces. Another major problem is the difficulty of controlling the field of laser exposure because a focal lens of a single focal length is used. The authors have developed two kinds of new laser handpieces with unique functions as follows: one is a variable beam direction laser handpiece using a rotary reflector and another is a variable beam angle laser handpiece, both of which are extremely useful in laser surgery.

1. はじめに

従来の医用レーザー装置の照射器（レーザーハンドピース，以下L・H．）は、照射ビームの方向や形状が固定しているため、臨床上次のような問題があった。

1) 手術野のレーザー照射可能な範囲が制約される。とくに、レーザー治療上理想的な照射方向、即ち被照射面の法線方向からレーザー光を対象に照射しようとする場合、照射可能域の制限はより

大きくなる。

2) L・H．のレーザー出射部と対象面の距離、即ち照射距離が制限される手術野においては、レーザー照射野と同時にレーザー被照射部におけるレーザーの出力密度を任意に変えることが困難となる。

とくに、体腔内のように狭小な手術野では、L・H．の操作性が著しく妨げられるので、上記の制約が顕著となる。

そこで、L・H．のレーザービーム主光軸に対

して照射光軸の方向を変えたり、広い照射野を標示するために、L・H・先端に着脱可能なアタッチメントを設けたりする工夫がなされてきたが¹⁾、これでも可変条件が1つに限られているため、臨床上の要求を十分に満たすにはなお不十分であった。

そこで長澤²⁾は、①照射光軸の方向を自由に変えることができる照射方向可変式L・H・、ならびに②照射ビームの開き角度を任意に変えられる焦点距離可変式L・H・を考案したが、今回著者らはその臨床用モデルを試作開発したので報告する。

2. 開発したレーザーハンドピース

1) 照射方向可変式レーザーハンドピース

(1) 機 構

本器の機構は図1に示すごとくL・H・の先端部にシャフト内のレーザービームの主光軸が反射面の中央、回転軸上に一致するように小さな回転反射鏡を設け、これを回転することによってレーザー光(反射光)の照射方向を任意の方向に自由に変えるものである。なお、L・H・内に集光レンズを用いる場合は、反射鏡は図1に示すごとく集光レンズとその前方焦点の間に配置し、照射レーザー光の焦点はL・H・照射口の外部に位置するようにする方が臨床応用上有利である。なお、本機構における光軸の幾学的解析図(図2)で明らかなように、反射鏡を θ° 回転することによって、レーザー光軸は $2\theta^\circ$ 曲げられることになる。

(2) 開発した照射方向可変式ハンドピース

本器の外観を図3Aに示す。本機はとくにYAGレーザー仕様であり、回転反射鏡にはガラスの表面に特殊多層膜コーティングを施したものを用いており、その $1.06\mu m$ の光に対する反射率は99%以上と非常に高い。シャフト中央部上面に設けたノブを手指で前後に操作することによって反射鏡の回転角度が変わり、図3Bに示すようにレーザー光の照射方向を自由にコントロールすることができる。主光軸に対する照射光軸の方向可変範

囲は、例えば口腔用途のもの場合は、 $90^\circ \pm 60^\circ$ もあれば十分で³⁾、これに対応する反射鏡の回転角度の可変幅は $\pm 30^\circ$ (主光軸から 45° 傾けたところを基準に)あればよい。また本器では照射口のアパーチャが広くならざるを得ないので、光学系の汚染防止のため、図3Cに示すように開口部にスリット型の開口板を装着するか、透明なビニールテープを貼布して用いる。

2) 焦点距離可変式レーザーハンドピース

(1) 機 構

本器の機構は図4に示すごとく、集光レンズにズームレンズを用い、その焦点距離を変えることによって照射ビームの形状(ビーム開き角度)を変えることができ、これによって狭小な手術野でも照射野と同時に出力密度を任意に変えることができる。この場合、ズーミングを行っても焦点の位置は一定である方が臨床上利点が多く、安全性も高いので、本器に用いるズームレンズは図5に示すように光学カメラのズームレンズシステムと同様の機構をもち、ズーミングによって焦点位置の変らないバックフォーカス(フィルム面側焦点)を照射ビームの焦点として用いる。

(2) 開発した焦点距離可変式ハンドピース

本器の外観を図6Aに示す。L・H・の基部に設けたリングを回転することによって、集光レンズの焦点距離が変わり、図6Bに示すように照射ビームの開き角度を変えることができる。

3. 臨床試用の結果

図7は照射方向可変式L・H・の口腔内における試用例を示す。この例に示すごとく、狭い口腔内でL・H・の主光軸と逆方向に位置する対象面へレーザー光を照射することは従来のものでは不可能なことであった。照射ビームの振り幅 $90^\circ \pm 60^\circ$ の本器を用いることにより、口腔内の全領域をレーザー照射対象としてカバーすることができた。

4. 検 討

1) 照射方向可変式レーザーハンドピース

本器では照射開口部のアパーチャがかなり広くなることが余儀なくされるので、L・H・内部の光学系の汚染防止用のガスフローをどのようにするかが今後の課題の一つである。図3Cに示すように開口部をレーザー透過性のフィルター膜で被覆するのも有効な方法の一つである。本機では透明なビニール膜を採用しているが、これによるYAGレーザー光の減衰は無視し得る程度で、30W程度の連続照射では破損することもなく、十分実用性のあることがわかった。窓材の素材としては、可視光～近赤外領域のレーザーの場合にはこのように透明なビニールでもよいが、CO₂レーザーなどの場合にはゲルマニウムなどを用いなければならないので、この場合はガイド光がこのフィルターで吸収され、役に立たなくなる。そこで、図3Dに示すように開窓部に光軸用のスリット板を装着することで、汚物のL・H・内部へのバックフローはほぼ完全に防止され、実用上有効な方法であることがわかった。

次に本器では反射鏡に大きなものを使用できないので、高出力レーザーを使用する場合の熱的破損が問題である。この対策としては反射鏡面の熱処理（冷却）も重要な課題ではあるが、もっとも重要なことは高反射率のミラーを採用することである。反射率は厳密にいうと角度依存性があり、入射角度が大きくなるに従って反射率も減少する。本機では図8に示すように各種の入射角度に対しても98%以上の高反射率をもつような表面処理が施されている。YAGレーザー照射に伴うこの反射鏡の温度変化は図9に示すごとく非常に小さく、入射角度60°で30WのYAGレーザー30分間照射した場合でも約8℃の上昇に過ぎないので通常の使用条件下では反射鏡の熱的破損はまず心配ない。

2) 焦点距離可変式レーザーハンドピース

本器に用いるズームレンズの焦点距離可変域は用途によって異なるが、図10の焦点距離と照射

野の実測データから、照射ビームの開き角度を効果的に変えるためには、短焦点領域のズームレンズを必要とすることがわかる。とくに、体腔内用のごとくL・H・先端から照射対象面までの照射距離が十分にとれない場合には、数mm～数十mmの極めて短い焦点域のズームレンズが必要となる。また、この場合も熱破損に対する配慮が問題となる。

5. おわりに

著者らは表題のごとくユニークな機能をもつ2種類のL・H・を開発した。それらの臨床試用の結果、狭小な手術野でも照射方向や照射野を自由に制御できることが示された。今後なお改良点が残されているが本器はレーザー治療上利点が多い。著者らはさらにCO₂レーザーにも対応し、もっと自由に照射方向を可変する照射器の開発ならびに上記2つの機能を併せもつ照射器の開発を検討中である。

参考文献

- 1) 長澤明範, 他: 日本レーザー医学会誌, 1(1): 334, 1980.
- 2) 長澤明範: レーザーの臨床, 233頁, メディカルプランニング, 1981.
- 3) 長澤明範, 他: 医器学, 53, (臨): 145, 1983

図 1

図 2

$$\begin{aligned} P'OM_2 &= POM_1 = M_2OR = \theta \\ P'OR &= 2\theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1OR &= M_2OP = \theta_1 \\ M_1, M_2 \text{ の位置から } \theta_2 \text{ 回転したとき} \\ ROR' &= ROM_1 + M_1OR' \quad POM_2 = R'OM_1' \text{ であるから} \\ &= \theta_2 - \theta_1 + \theta_2 + \theta_1 = 2\theta_2 \end{aligned}$$

図 3

図 4

● 光学補正型ズームレンズ

● 機械補正型ズームレンズ

図 5

図 6

図 7

図 8

図 9

図 10