Nd-YAGレーザーの顎関節手術応用に関する基礎的研究 — 家兎顎関節円板におけるレーザー照射後の電顕的検討 —

下川千可志 蛭名勝之 小川 隆 山田容三 千葉博茂

¹工藤泰一 ²賀来 亨

東京医科大学口腔外科学講座

¹東邦大学医学部口腔外科学講座 ²北海道医療大学歯学部病理学講座

Fundamental Study of Nd-YAG Laser on application to the operation
in Temporomandibular Joint — Electron Microscopic Study After Laser
Irradiation of the Articular Disc of the Rabbit Temporomandibular Joint —

Chikashi Shimokawa, Kastuyuki Ebina, Takashi Ogawa, Yozo Yamada, Hiroshige Chiba,
¹Taiichi Kudo, ²Toru Kaku

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Tokyo Medical College

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Medicine Toho University

²Department of Oral Pathology, School of Dentistry Hokkaido Health Science University

The purpose of this study was to investigate the effects of Nd-YAG laser irradiation on the articular disc during temporomandibular joint (TMJ) arthroscopy. The post-irradiation changes of the TMJ articular disc of 24 rabbits were evaluated using scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) for 8 weeks following the procedure.

Immediately after irradiation, the disc revealed slight degenerative changes and peeling of the surface layer. The wavy structure of the disc surface was also irregular. At 3 weeks after irradiation, the collagen fiber bundles of the disc showed heat degeneration and the disc revealed focal defects with necrosis. At 8 weeks after irradiation, the disc showed massive damage and deformation due to increased necrosis and lysis. Through out the entire investigation period, no evidence of healing or repair of the discs was seen.

The results suggested that in employing the Nd-YAG laser clinically in temporomandibular joint arthroscopy, it is essential to present damage to the articular disc by laser irradiation.

I. 緒言

近年、顎関節内障の治療にレーザーを用いた関節鏡視下手術の臨床応用が試みられている。Nd-YAGレーザーは、止血、凝固能に優れ、極小径の導光

用ファイバーが使用可能など狭小な関節鏡視下手術に応用可能な特性を備えている。しかし、顎関節部におけるレーザー照射後の検討は未だ少なく、関節構成組織における熱傷害に対する反応や転帰は十分

解明されていない。そこでわれわれは、高出力レーザーの顎関節部における影響を検討するため、家兎の関節円板に鏡視下でレーザーによる障害を与え、照射後の変化を走査電子顕微鏡（SEM）および透過電子顕微鏡（TEM）により経時的観察を行った。

II. 方法

体重 2.5kg、日本白色家兎の雄24羽を用いた。

ネブタール静脈内麻酔下に、家兎の耳前部に切開を加え上関節腔を開放し、関節鏡（Stryker®：TMJ miniscopesystem, 径 2.3mm, 視野角15°の硬性鏡）を挿入した。生理食塩水灌流下で関節腔内をモニターしながら、Nd-YAGレーザー（Laser Sonix®：Model 6000）の導光用ファイバーに接続した接触型プローブ（M&M®：LT10-08, 先端 0.8mmのセラミックロッド）を関節鏡の後方より挿入、出力30w、1回0.5secのパルスで関節円板後方肥厚部に照射後、剣を縫合閉鎖した。（Fig. 1）

処置後電顕試料は、McDowell Trumpの変法に従い作製し、走査電子顕微鏡（日立：S-850）ならびに透過電子顕微鏡（日立：7000）により、8週にわたり3次元的超微形態の観察を行った。

III. 結果

1. 正常所見

a) 関節円板全体像

未処置の正常関節円板の表面は滑らかで辺縁が連続した形態をもち、薄い一層の線維性被膜で被われている。

b) 電顕所見

SEMでは、円板表層はゆるやかな規則性のある凹凸が連続した波状構造（幅約40～60 μ 、周期4～7 μ ）が認められる。TEMでは、規則正しく配列した膠原細線維束に挟まれて、軟骨細胞が存在している。細胞内には、ほぼ正円形をした核と脂肪滴が観察される。（Fig. 2）

2. 実験群の所見

a) 関節円板全体像

レーザー照射1週後は、円板の辺縁が不整で照

射部に穿孔がみられ、3週後では照射部近くの辺縁は熱凝固と組織融解がみられ、照射部と反対の後方辺縁形態も不整だった。（Fig. 3）

b) 電顕所見

レーザー照射直後のSEMでは、円板の熱障害は軽度で、表層の線維性被膜の剥離が生じ、波状構造も一部不規則であった。TEMでは、円板表層の結合組織は剥離し変性所見が認められた。下層の軟骨細胞の核は形態が不整で萎縮しているが、膠原細線維束への影響は認められない。（Fig. 4）

レーザー照射3週後のSEMでは、照射中心部の断面像は、熱凝固による線維束の熱変性が明らかで、融解壊死による組織の部分脱落が生じている。

（Fig. 5）

レーザー照射8週後のSEMでは、著しい変性が生じ、実質の線維束は融解壊死と思われる変化で原形をとどめていない。TEMでは、軟骨細胞の核は濃縮し、細胞境界や構造が不明瞭など、熱障害による変性所見が認められた。膠原細線維束はレーザーの影響を受け、変性や消失による方向性および配列の乱れが認められた。（Fig. 6）

IV. 考察

本実験では、レーザー照射直後の関節円板の障害は軽度で、TEMで軟骨細胞の核の不整が生じているが、膠原細線維束への影響は認められていない。しかし、1週間には穿孔、3週間には熱変性、融解壊死等急速に熱障害が及んでいる。Nd-YAGレーザーは組織透過率が大きく、かつ組織内での散乱が多いため¹⁾、膠原線維束間の軟骨細胞への侵襲が、その後の円板の変性にレーザーの影響が関連しているものと考えられる。レーザー照射8週後では円板の変性は著しく、融解壊死および円板実質への熱障害はさらに進行している。これらの観察期間において、レーザー照射により損傷された円板の組織修復、再生の転帰は認められなかった。

顎関節における関節円板損傷後の修復に関する過去の実験的研究では、Wheatら²⁾、Yaillenら³⁾は関節円板全層切除術（diskectomy）を行い、円板の

Fig. 1 Operative and Arthroscopic View of upper joint cavity

SEM $\times 1,000$

TEM $\times 2,500$

Fig. 2 Normal articular disc (SEM & TEM)

SEM $\times 1,000$

TEM $\times 2,500$

Fig. 4 Immediately after irradiation of the disc (SEM & TEM)

SEM $\times 200$

TEM $\times 3,500$

Fig. 6 8 weeks after irradiation of the disc (SEM & TEM)

1 week after

3 weeks after

irradiation SEM $\times 17.1$ irradiation SEM $\times 17.6$

Fig. 3 Post-irradiation changes of the disc (SEM)

SEM $\times 30$

SEM $\times 150$

Fig. 5 3 weeks after irradiation of the disc (SEM)

修復、再生は起こらないと報告している。しかし、Sprinz⁴⁾、三沢⁵⁾はメスによる関節円板辺縁の血管分布領域の近くの切創、または切創が滑膜に及んだものでは、創部近くの滑膜から毛細血管および線維形成が生じ治癒が観察されたと述べている。Sprinzは、関節円板全層切除術の実験的研究も報告しているが、こちらでは円板の修復、再生はみられなかったと報告している⁶⁾。

関節円板には、膠原線維と線維束間の軟骨細胞のみが存在し血行がないため、円板自身には治癒能力はないと推察される。本実験においてもレーザーによる侵襲を受けた後の円板は、熱障害に対しての組織修復はみられなかった。

また、照射3週後の円板で照射部と反対の後方辺縁部にも不整がみられたのは、照射部の変性が生じた後の顎運動で、直接照射されていない部位に下顎頭の応力による障害が生じたと考えられ、さらに組織破壊が進行する要因と思われる。

本研究により顎関節鏡視下レーザー手術は臨床で高い有用性は期待されるものの、再性能のない関節円板への障害を配慮し、注意が必要であると喚起された。

V. 結語

1. レーザーの顎関節鏡視下手術応用に際し、家兎の関節円板に鏡視下でNd-YAGレーザーを照射し、熱障害による影響を走査電顕、透過電顕により観察した。
2. レーザー照射直後では顎関節円板表層の線維性被膜の剥離が生じ、波状構造も一部不規則であった。3週後では線維束の熱変性があきらかで、融解壊死による組織脱落がみられた。8週後ではさらに変性が進み、原形をとどめていなかった。
3. これらから、レーザー照射により損傷された顎関節円板の組織変化は不可逆的で、あきらかな組織修復、再生の転帰は認められなかった。

以上よりNd-YAGレーザーによる顎関節鏡視下手術において、再生能のない関節円板への侵襲回避を配慮する必要性が示唆された。

VI. 参考文献

- 1) Buchholz, J. : Scattering effects in laser surgery. *Laser Surg. II* : 299-307, 1979.
- 2) Wheat, P. N. et. al. : Effects of temporomandibular joint meniscectomy in adult and juvenile primates. *J Dent Res*, 56 special issue B : B139, 1977.
- 3) Yaillen, D. M. et. al. : Temporomandibular joint meniscectomy--effects on joint structure and masticatory function in *Macaca fascicularis*. *J Maxillofac Surg*, 7:255-264, 1979.
- 4) Sprinz, R. : Further observations on the effect of surgery on the meniscus of the mandibular joint in rabbits. *Arch Oral Biol*, 5 : 195-201, 1961.
- 5) 三沢常美 : サル顎関節関節円板における実験的微小損傷の治癒過程に関する組織学的観察. *日病誌*, 49 : 211-238, 1982.
- 6) Sprinz, R. : The role of the meniscus in the healing process, following excision of the articular surfaces of the mandibular joint in rabbits. *J Anat*, 97 : 345-352, 1963.