

# 各種スキンタイトニング機器における 皮内温度変化の測定と考察

A study on intracutaneous temperature measurements during the emission of  
skin tightening devices

高橋貴志<sup>1</sup>, 高橋知之<sup>1</sup>, 伊藤史子<sup>2</sup>, 松倉知之<sup>2</sup> ( <sup>1</sup>高橋医院, <sup>2</sup>松倉クリニック)

Takashi Takahashi<sup>1</sup>, Tomoyuki Takahashi<sup>1</sup>, Ayako Ito<sup>2</sup>,  
Tomoyuki Matsukura<sup>2</sup> ( <sup>1</sup>Takahashi Clinic, <sup>2</sup>Matsukura Clinic)

## Abstract

Treatments for skin tightening and improving lines based on heat generation in the dermis using RF (radiofrequency), infrared light (IR), etc. are becoming increasingly popular. However, few reports are available on temperature changes at different depths in the skin during the emission of these devices. After placing a temperature sensor in human skin at each of three depths, i.e., 0.5 mm, 1.5 mm, and 2.5 mm, temperature changes were monitored during the irradiation when each of the devices was emitted in its standard setting. The results have shown that the depth at which a major increase in temperature is observed differs depending on the device. On the basis of our findings we will discuss which conditions are good indications for each device.

キーワード： radiofrequency, infrared, 皮内温度, Alternating Emission System

## 1. はじめに

Skin rejuvenation のアプローチとして、美顔機による老人性色素斑や赤ら顔といった表皮もしくは真皮浅層の病変の治療は、機械の進歩、手技の進歩によりある意味で完成されつつあるといえる。また、世の中の情勢として、いわゆるプチ整形や美容皮膚科といった non-ablative な治療を好む人が増えてきている。

そういった流れを受けて近年、コジワやタルミに関する治療、すなわち真皮の方に関心が向かっているといえる。

しかしこれまでにたくさんの機械に関する報告がなされているが、実際に皮膚の中でどのような温度変化が起きているのかということを検証している報告は見当たらない。

そこで今回我々は、コジワやタルミの改善を目的とする幾つかの機器を同時に用いる機会を得たので、実際にヒト生体皮膚内でどのような温度変化が起きているのかを測定した。

その結果、機器によって温度上昇の程度や温度上昇をもたらす部位が異なることが分かったのでここに報告する。

---

連絡先：高橋貴志, 高橋医院  
〒150-0041 東京都渋谷区神南 1-12-16  
takahashi@clinic.ac

## 2. タンパク質変性

Zelickson らはコラーゲン線維が RF (radio-

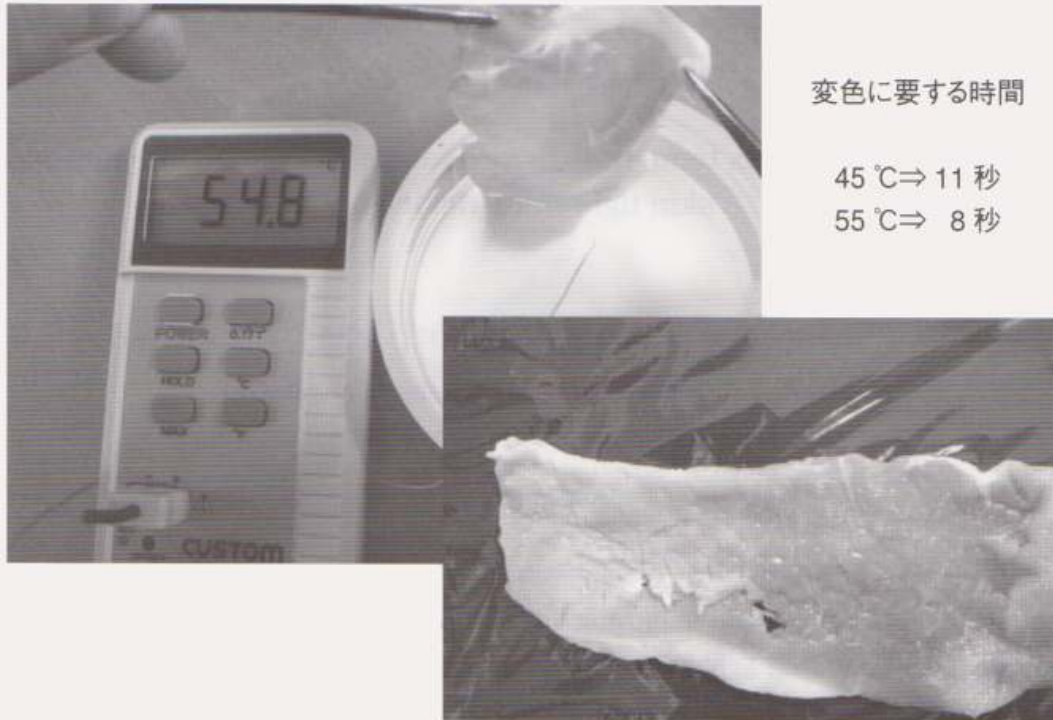


図1 変色に要する時間の測定

frequency) による熱エネルギーでタンパク質変性を起こしていることを確認しているが<sup>1)</sup>、他に散見する同様の文献を見ても、何秒間何度の温度上昇でどの程度のタンパク質変性を起こすのかを報告した例は見いだせなかった。

そこでまず我々は、豚肉を用いて何度で何秒間温度を持続させると変色が現れるかという写真(図1)のような簡単な実験を行った。

その結果、45度にて11秒、55度では約8秒で写真のような変色が認められた。

もちろんヒト生体皮膚組織と豚肉は異なるが、我々はこの実験を通して、比較的低い温度でも長時間持続すればタンパク質変性を起こし得ると考えた。

### 3. 実験概要

先端にリアルタイムで温度測定可能な温度計を装備したワイヤー状のサーモセンサーをヒト生体皮膚内に、皮膚表面からそれぞれ0.5 mm, 1.5 mm, 2.5 mmの深さに挿入し、各機器の汎用

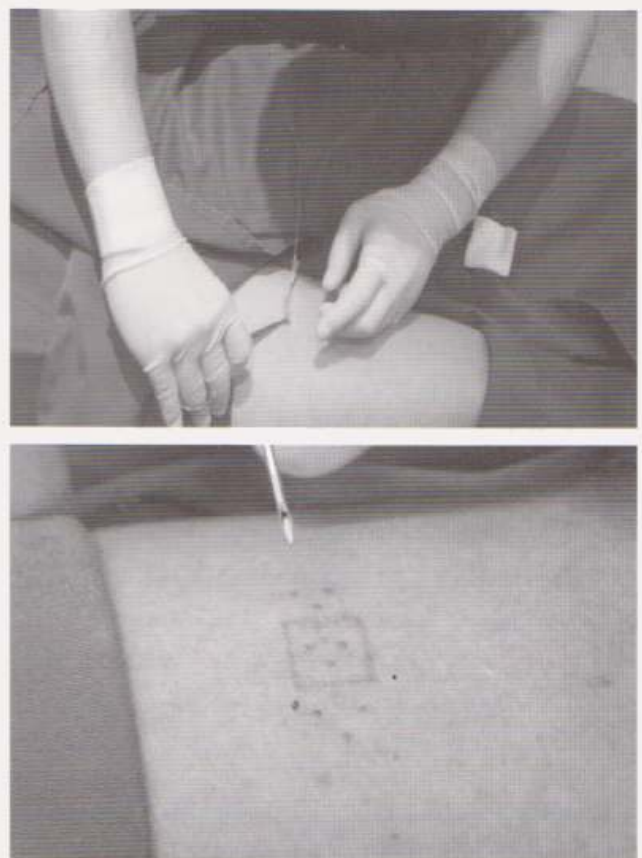


図2 実験の方法

される一般的な設定で照射を行い、各層でどのような温度変化が起こっているのかを測定した。

#### 4. 対象

被験者は55歳男性で、左大腿部にて実験を行った。

#### 5. 方法

##### 5.1. 使用装置

使用機器は、Syneron社のAuroraおよびPolaris、Thermage社のThermaCool TC、Cutera社のTitan、Jeisys社のAntiLaxの5機種である。

Aurora、Polarisは1MHzのバイポーラRFと、前者はIPL(500nm～)、後者はダイオードレーザー(900nm)を同時に射出する機器である。ThermaCool TCは6MHzモノポーラRF単独機で光線装置は装備していない。Titanは、1100～1800nmのIR(赤外線)のみで、RFは装備していない。AntiLaxは1MHzのバイポーラRFと、1200～1800nmのIRを交互に射出する機器である。

##### 5.2. 照射方法

写真(図2)のように、各機器のハンドピース接触部分を赤い正方形にマーキングを行い、その中に三つの点をプロットする。

三つの点の直下にそれぞれサーモセンサーを埋めこみ固定する。なお、適切な深さに挿入されたことを確認するため、留置後三つの点にそれぞれ28ゲージ針を刺入し、センサー部分の深さを厳密に確認した。

##### 5.3. 評価

照射前後の模様をサーモセンサーと併せてビデオ撮影し、各時間列ごとの温度変化を各層ごとにプロットしグラフ化した。

#### 6. 結果

##### 6.1. Aurora

図3はAuroraの結果である。IPL 27 J/cm<sup>2</sup>、RF 10 J/cm<sup>3</sup>という麻酔無しで耐えられる痛みに

て照射した。

皮膚表面より0.5mmと2.5mmは殆ど変化がなく、1.5mmにて、約2秒間45度以上が持続しているのが認められた。

##### 6.2. Polaris

図4はPolarisの結果である。ダイオードレーザー 32 J/cm<sup>2</sup>、RF 85 J/cm<sup>3</sup>という麻酔無しで耐えられる痛みにて照射した。

Aurora同様、皮膚表面より0.5mmと2.5mmは殆ど変化がなく、1.5mmにて、約3秒間45度以上が持続し、そのうち約1秒55度以上を維持しているのが認められた。

##### 6.3. ThermaCool TC

図5はThermaCool TCの結果である。エネルギーレベル62という設定で行った。この設定での痛みは、無麻酔で耐えられる限界に近いものであった。

2.5mmの深い層において45度以上を3秒間維持しており、その内2秒は55度弱を維持できた。また1.5mmでも約2秒45度以上の温度維持が認められた。

##### 6.4. Titan

図6はTitanの結果である。IR 35 J/cm<sup>2</sup>で行った。痛みの程度はThermaCool TCと同程度であった。

1.5mmが最も加温されており、2秒間45度は超えたものの、50度には至らなかった。

1.5mmの層が0.5mmよりも温度が高かったのは、表面の冷却装置が皮膚表面を若干冷却しているためと考えられた。

Titanに関しては、IR 40 J/cm<sup>2</sup>でも実験を行った(図7)。

図のように温度上昇がみられたが、この設定では局所麻酔が必要不可欠になるため、現実的には汎用し得る設定ではないと考えられた。

##### 6.5. AntiLax.

この機器は最近開発されたもので本邦では数台しか稼働していない。

メラニンに反応しない1200nm以上のIRを採

図3 Auroraの結果

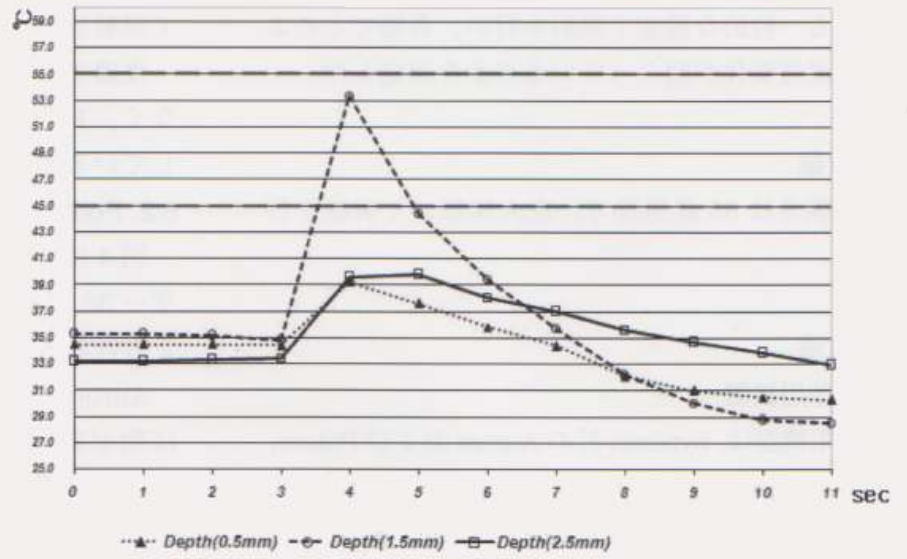


図4 Polarisの結果

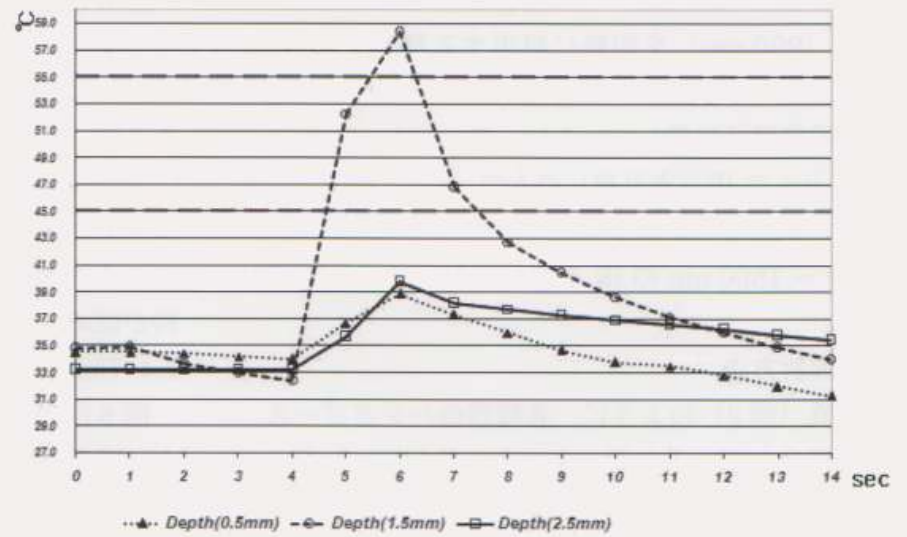


図5 ThermaCool TCの結果

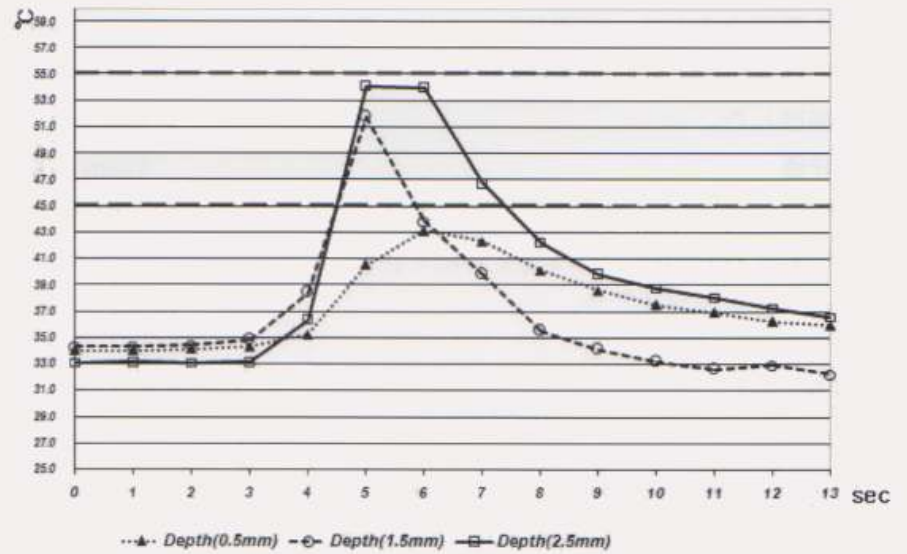


図6 Titanの結果 (35 J/cm<sup>2</sup>)

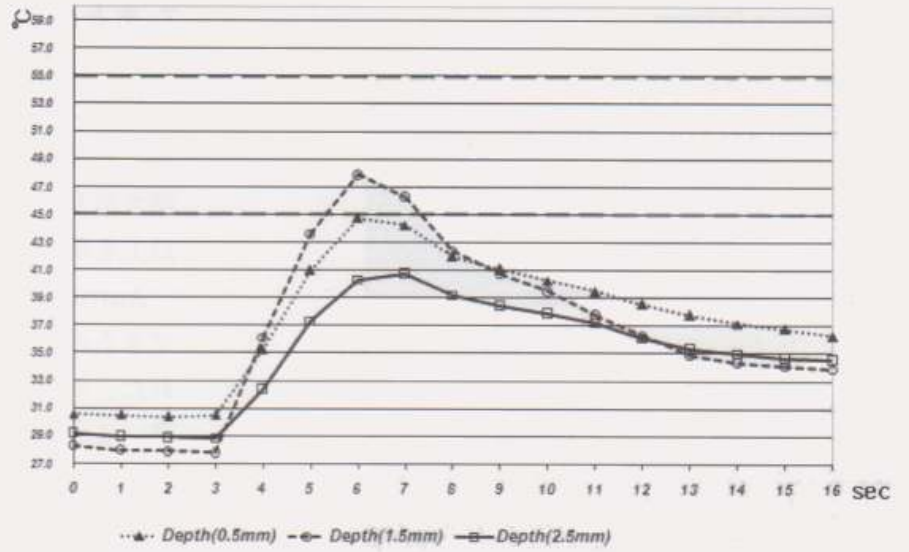
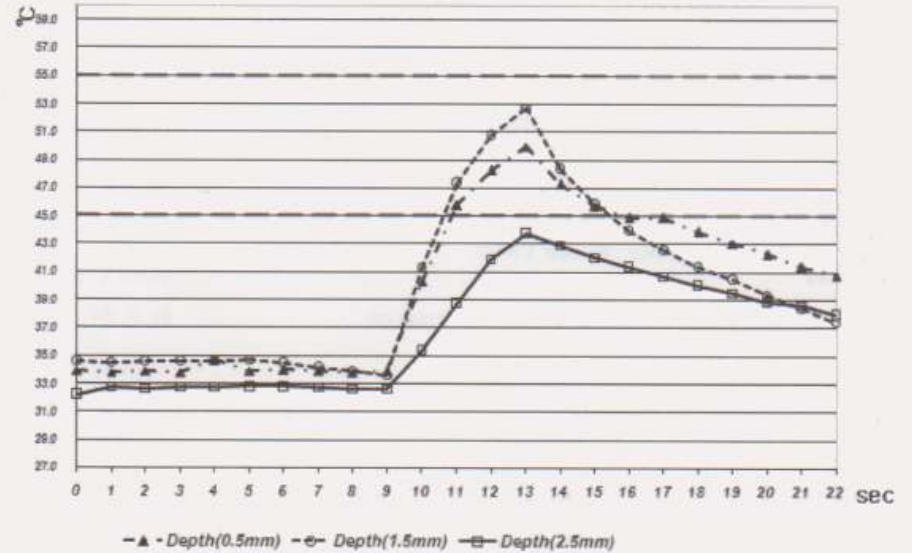


図7 Titanの結果 (40 J/cm<sup>2</sup>)



用し、バイポーラ RF と交互に射出するのが特徴である。これは Alternating Emission System と呼ばれている。

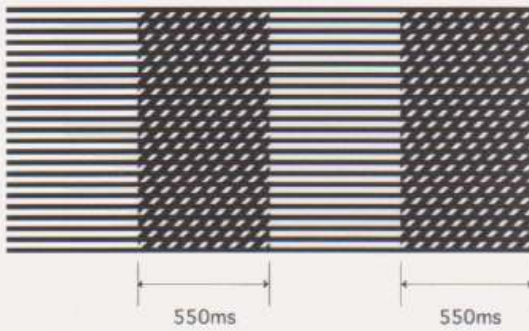
そもそも IR と RF を組み合わせる原理は、まず IR でターゲットを温めることによってインピーダンスを下げ、RF で更に加温するということである。インピーダンスは 1 度上昇するごとに約 2% 下がるとされている。

つまり光単独では目的とする温度まで上げることが難しいということで、光は preheating の役割をしているわけである。

IR は光 (赤外線) であるから浅いところから深いところに向かって皮膚を暖める。その暖まった皮膚の浅層を冷却装置が冷やそうとするので、実は加温と冷却を同時に行っているわけで効率が悪いと言える。

そこで、図 8 にあるように従来の IR と RF を同時に射出する simultaneous emission ではなく、RF を出す時には IR を遮断すれば、RF は比較的中層を流れて更なる加温を行い、一方で表層は IR の照射が止まるために冷却装置が有効に働くのである。

### Simultaneous Emission



### Alternating Emission

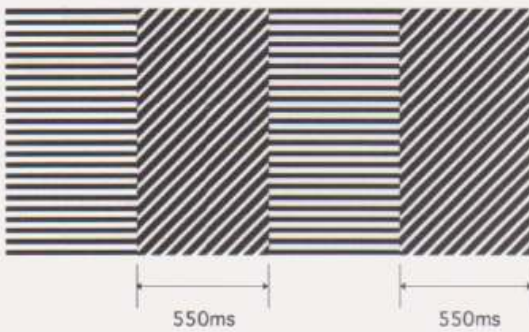
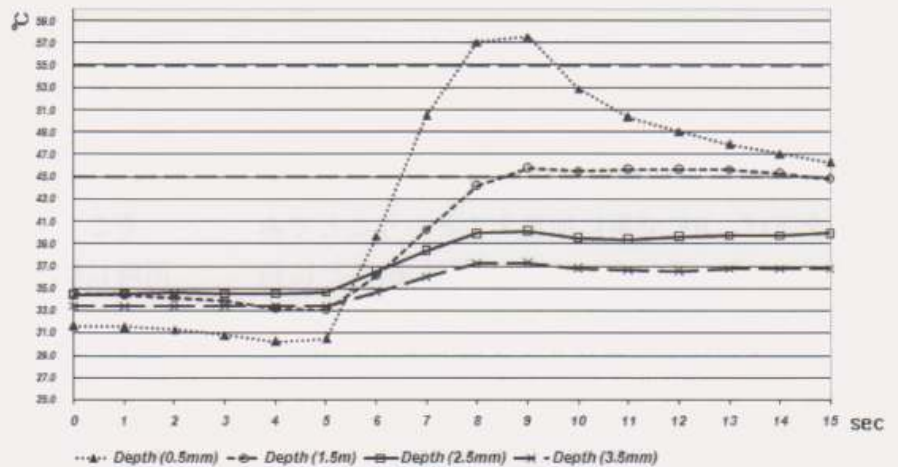


図8 Simultaneous mission と alternating emission

得られたデータから (図9), IR と RF を交互に射出することにより麻酔無しで臨床に使用できるパラメーターが見つかったと言える。

図9 Antilax の結果



## 7. まとめ

表1は各層におけるピーク温度値と45度以上の持続時間を表わしている。縦の列は皮膚表面からの温度センサーの深さを表し、横の列は持続時間を示している。そして45度以上を灰色、55度以上を黒色で記載した。

Aurora, Polaris<sup>4)</sup>は真皮中層を温めることができるので、シワなどに特に有用であると考えられた。ただ、目の回りの小ジワに対しては皮膚が薄いことも考慮するともっと浅層を温める必要があると考えた。これらはそれぞれIPLとダイオードレーザーとの複合効果も見込めるので、目的に合わせて用いれば優れた機械であると言える。

ThermaCool TCはモノポーラRFなので、かなり深いところに強い温度上昇が起こせる機械であることが分かった。すなわち、スキントイトニングやリフティングに有用な機械であると言える<sup>2,3)</sup>。

Titanは真皮表層から真皮中層までを満遍なく加熱でき、コジワなどに特に有用であると考えられるが、温度上昇は弱く、殊に深いシワは難しいと言える。

結果を受けて、現時点ではすべての層を同時に満遍なく加温できる機械は無いため深さや目的に合わせて機械を選ぶべきであると考えた。

表 1 実験の結果

Peak temperature and lasting time



◆ Aurora

| mm   | Peak | Duration |   |   |   |   |
|------|------|----------|---|---|---|---|
| 0.5  | 39   |          |   |   |   |   |
| 1.5  | 53   |          |   |   |   |   |
| 2.5  | 40   |          |   |   |   |   |
| Sec. |      | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |

◆ Polaris

| mm   | Peak | Duration |   |   |   |   |
|------|------|----------|---|---|---|---|
| 0.5  | 39   |          |   |   |   |   |
| 1.5  | 58   |          |   |   |   |   |
| 2.5  | 40   |          |   |   |   |   |
| Sec. |      | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |

◆ ThermaCool TC

| mm   | Peak | Duration |   |   |   |   |
|------|------|----------|---|---|---|---|
| 0.5  | 43   |          |   |   |   |   |
| 1.5  | 52   |          |   |   |   |   |
| 2.5  | 54   |          |   |   |   |   |
| Sec. |      | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |

◆ Titan

| mm   | Peak | Duration |   |   |   |   |
|------|------|----------|---|---|---|---|
| 0.5  | 45   |          |   |   |   |   |
| 1.5  | 48   |          |   |   |   |   |
| 2.5  | 41   |          |   |   |   |   |
| Sec. |      | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |

◆ AntiLax

| mm   | Peak | Duration |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5  | 58   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1.5  | 46   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2.5  | 40   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Sec. |      | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |



図 10 AntiLax による著効例



図 11 AntiLax による著効例

## 8. AntiLax による治療例

AntiLax の臨床使用は本邦初であるので、症例写真を供覧する。

図 10 は 53 歳女性で、目尻のシワの著明な改善が照射直後から認められた。

図 11 は 48 歳女性で、目尻のシワに対して 2 週間ごとに照射を行ったところ、段階的に著明な改善が認められた。なお、施術後 4 ヶ月の時点で効果が持続していることが確認できた。

## 9. 結語

今回我々は、Aurora, Polaris, ThermoCool TC, Titan, AntiLax と 5 機種を同時に用いて皮内温度の測定を行った。その結果 Aurora, Polaris, Titan は比較的浅層を、ThermoCool TC は深層を加温できることが分かった。

AntiLax は Aurora, Polaris, Titan に比べて真皮浅層から中層までを長時間強力に加温できるため、コジワの改善に非常に有用であると考えられた。それぞれの機械には独特の特性があるため、症例により目的別に機器を選別することが重要で

ある。

## 参考文献

- 1) Zelickson BD, Kist D, Bernstein E, et al. Histological and ultrastructural evaluation of the effects of a radiofrequency-based nonablative dermal remodeling device. Arch Dermatol 2004; 140: 204-209.
- 2) 榑方暢晴, 根岸圭, 竹内かおりほか. Radio frequency (RF)による skin tightening 治療の経験. 日本美容外科学会会報 2004; 26(3): 50-57.
- 3) Kushikata N, Negishi K, Tezuka Y, et al. Non-ablative skin tightening with radiofrequency in Asian skin. Lasers Surg Med 2005; 36(2): 92-97.
- 4) Doshi SN, Alster TS. Combination radiofrequency and diode laser for treatment of facial rhytides and skin laxity. J Cosmetic Laser Ther; 2005; 7(1): 11-15.