原 著 論 文

サーモグラフィによる頭蓋下顎障害の診断に関する研究

—顎関節外側部の表面温度の定量的評価の検討—

萩澤 宏美 志賀 博 小林 義典

Studies on Diagnosis of Craniomandibular Disorders by Thermography

—Experimenting with Quantitative Evaluation of the Outer Surface Temperature of TMJ—

Hiromi Hagisawa, Hiroshi Shiga and Yoshinori Kobayashi

Abstract: The purpose of this experiment was to investigate the possibility of quantitatively evaluating facial surface temperature which was necessary in establishing a diagnostic method of CMD by thermography. With the zygomatic arch as the standard, the surface temperature of the outer part of TMJ was measured and the temperature difference between these two areas as well as the temperature difference between left and right sides of the same area of 20 normal subjects, aged in their twenties, were compared with 20 CMD patients. It was found that there was a highly significant positive relation between the zygomatic arch and the outer part of TMJ in their surface temperature for normal subjects. Further, though individual variation existed in both normal subjects and CMD patients the surface temperature of the outer part of TMJ and its bilateral temperature difference were higher and larger for CMD patients than for normal subjects and a highly significant difference was found between the two groups. Furthermore, the surface temperature of the outer part of TMJ in relation to the zygomatic arch was significantly higher for CMD patients than normal subjects, and a statistically significant difference was found between the two groups. From these results, it was concluded that the zygomatic arch was an appropriate area for measurement, that the temperature difference between the zygomatic arch and other areas of measurement can be used as an effective index, and that it was possible to quantitatively evaluate the facial surface temperature by thermography.

Key words: thermography, facial surface temperature, zygomatic arch, standard, outer part of TMJ

I. 緒 言

サーモグラフィは、人体表面から放射される赤外線を捉え、非接触的かつ瞬時に表面温度を連続的パターンとして表示でき、また定量的な測定も可能であるため、甲状腺疾患や乳癌の診断に応用されている新しい非侵襲性の装置として注目されている¹⁻⁴⁾。このサーモグラフィは、最近歯

科領域でも、頭蓋下顎障害 (CMD) や顔面痛の診断に応用する試みが、いくつか報告されるようになってきた⁵⁻⁹⁾。特に、Pogrel ら⁷⁾が顔面表面温度を測定し、顎関節部や咀嚼筋に圧痛を有する患者のほうが正常者よりも有意に高かったことから、顔面表面温度が CMD の診断のための有効な指標になる可能性があるとして報告して以来、サーモグラフィによる機能的診断に重大な関心が寄せられている¹⁰⁻¹²⁾。

他方、この可能性に対し、Mohl ら¹³⁾は、正常者と患者との間の温度差に有意差が認められているものの、それが小さいこと、個人差が認められること、患者でも正常範囲にある場合が比較的多くみられることなどを指摘し、CMD を診断するためには、科学的根拠が不十分であると

日本歯科大学歯学部歯科補綴学教室第一講座 (主任: 小林義典教授)

Department of Partial and Complete Denture, The Nippon Dental University, School of Dentistry at Tokyo (Chief: Prof. Yoshinori Kobayashi)

平成 10 年 4 月 1 日受付

図 1 Thermotracer 6 T 67
サーモトレーサー 6 T 67

警告し、機能的診断をするためには、正常と異常との判別が明瞭で個人差のない指標の検索の必要性を強調している。この問題について、Gratt ら^{11,12)}は、顔面表面温度の左右側差に着目し、正常者では少なかったが、CMD 患者では大きかったことから、これが有効な指標になると主張している。しかしながら、左右側差を指標にすると、個人差を少なくすることが可能であるが、両側性に症状がある場合には、それらの部位の顔面表面温度が高く、その左右側差が小さくなってしまい¹²⁾、当然診断が困難となる。このように、CMD や顔面痛の診断のためのサーモグラフィによる顔面表面温度の定量的評価法は、未だ検討されている段階にあるのが現状である。

そこで、本研究は、個人差や左右側差の問題を解消したサーモグラフィによる CMD の診断法の確立のために必要な顔面表面温度の定量的評価の可能性を検討する目的で、頬骨弓部を測定基準部位として、CMD の代表的な症状発現部位である顎関節外側部の表面温度を測定後、両部位間の差と両部位の左右側差について、正常者と CMD 患者との間で比較し、測定基準部位の妥当性と有効な指標を検索した。

II. 材料と方法

1. 被験者

被験者は、20 歳代の日本歯科大学歯学部 of 学生と職員のなかから、全身と咀嚼系に臨床的な異常が認められない 20 名 (男性 10 名、女性 10 名) を正常者群、また日本歯科大学歯学部附属病院第 1 歯科補綴科で頭蓋下顎障害と診断された患者のなかから、顎関節外側部に圧痛を有する 20 歳代の CMD 患者 20 名 (男性 10 名、女性 10 名) を患者群としてそれぞれ選択した。なお、正常者群は、いずれも主咀嚼側 (右側 11 名、左側 9 名) を認識できることを条件とした。

図 2 Combined picture of an image obtained by thermography and an image created by photography
サーモトレーサーにより得られた像と写真撮影により得られた像との整合

2. 記録方法および装置

被験者をフランクフルト平面が床面と平行になるように椅子に坐らせ、15 分間の馴化時間をとった後、サーモトレーサー (日本電気三栄社製、6 T 67、図 1) を用いて顔面の正面、右側面、左側面を撮影し、顔面表面温度を測定した。次いで、サーモトレーサーで撮影した画像をモニターしながら、顔面の大きさがほぼ同一になるようにカメラを設定後、被験者の右側面と左側面を写真撮影した。なお、測定室は、密閉した部屋を使用し、エアコンディショニングをほどこして、室温を $22 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ にした。

3. 分析方法

はじめに、顔面表面温度の測定基準部位は、頬骨弓部、また測定部位は、顎関節外側部とし、これらの部位の表面温度を分解能 0.1°C で測定した。これらの部位は、サーモトレーサーにより得られた像と写真撮影により得られた像とを整合して設定した (図 2)。次いで、頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度、頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度の左右側差、頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差について、それぞれ正常者群と患者群との間で比較した。比較は、分散比の検定により、等分散を示す場合には Student t-test、また等分散を示さない場合には、Welch's t-test をそれぞれ行った。なお、正常者群の頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度については、両部位間の相関の有無を調べた。

III. 研究結果

1. 頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度

各被験者の頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度は、図 3 と 4、また正常者群と患者群の頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度の平均値と標準偏差、ならびに両群間の平均値の差の検定結果は、図 5 と 6 ならびに表 1 にそれぞれ示す。

頬骨弓部の表面温度は、正常者群では $30.5 \sim 33.6^{\circ}\text{C}$ の

図 3 Surface temperature of zygomatic arch
各被験者の頬骨弓部の表面温度

図 4 Surface temperature of outer part of TMJ
各被験者の顎関節外側部の表面温度

図 5 Average and standard deviation of surface temperature of zygomatic arch
頬骨弓部の表面温度の平均値と標準偏差

図 6 Average and standard deviation of surface temperature of outer part of TMJ
顎関節外側部の表面温度の平均値と標準偏差

範囲、患者群では 30.3~33.8°C の範囲にあり、両群ともに個人差が認められた。また、頬骨弓部の表面温度の平均値と標準偏差は、正常者群が $32.10 \pm 0.75^\circ\text{C}$ 、患者群が $31.82 \pm 0.97^\circ\text{C}$ であり、両群ともにほぼ同じ値を示し、両群間に有意差が認められなかった。一方、顎関節外側部の表面温度は、正常者群では、31.4~34.6°C の範囲、患者群では、32.0~35.6°C の範囲にあり、頬骨弓部と同様に両群ともに個人差が認められた。また、顎関節外側部の表

表 1 Result of statistical analysis on the difference of the average values of the two groups
正常者群および患者群の頬骨弓部と顎関節外側部における両群間の平均値の差の検定結果

	A	B	C	D	E
t-value	1.444	2.477*	0.395	2.773**	19.56**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

A: Surface temperature of zygomatic arch, B: Surface temperature of outer part of TMJ, C: Bilateral difference of surface temperature of zygomatic arch, D: Bilateral difference of surface temperature of outer part of TMJ, E: Temperature difference between zygomatic arch and outer part of TMJ

A: 頬骨弓部の表面温度, B: 顎関節外側部の表面温度, C: 頬骨弓部の表面温度の左右側差, D: 顎関節外側部の表面温度の左右側差, E: 頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差

図 7 Relation between surface temperature of zygomatic arch and surface temperature of outer part of TMJ in normal subjects
正常者群における顎関節外側部の表面温度と頬骨弓部の表面温度との関係

面温度の平均値と標準偏差は、正常者群が $33.06 \pm 0.74^{\circ}\text{C}$ であったが、患者群が $33.60 \pm 1.04^{\circ}\text{C}$ で高く、両群間に有意差が認められた。

左右側間と咀嚼側間でみた正常者群の表面温度は、顎関節外側部では、20 名中 12 名、頬骨弓部では、20 名中 11 名においてそれぞれ右側のほうが左側よりも高く、また顎関節外側部では、19 名中 15 名、頬骨弓部では、18 名中 15 名においてそれぞれ主咀嚼側のほうが非主咀嚼側よりも高かった。

なお、頬骨弓部と顎関節外側部との間に高度に有意な正の相関が認められた (図 7)。

2. 頬骨弓部と顎関節外側部の両表面温度の左右側差 全被験者の頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度の左右側

図 8 Distribution of bilateral surface temperature difference of zygomatic arch for all subjects
全被験者の頬骨弓部の表面温度の左右側差の分布

図 9 Distribution of bilateral surface temperature difference of outer part of TMJ for all subjects
全被験者の顎関節外側部の表面温度の左右側差の分布

図 10 Average and standard deviation of the bilateral surface temperature difference of zygomatic arch for normal subjects and CMD patients
正常者群と患者群の頬骨弓部の表面温度の左右側差の平均値と標準偏差

図 11 Average and standard deviation of the bilateral surface temperature difference of outer part of TMJ for normal subjects and CMD patients
正常者群と患者群の顎関節外側部の表面温度の左右側差の平均値と標準偏差

図 12 Distribution of temperature difference between zygomatic arch and outer part of TMJ for all subjects
全被験者の頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差の分布

11 ならびに表 1 にそれぞれ示す。

頬骨弓部の表面温度の左右側差は、正常者群、患者群ともに 0.2°C 以下の被験者が過半数を占めたが、 0.5°C 以上の被験者も認められた。また、頬骨弓部の表面温度の左右側差の平均値と標準偏差は、正常者群が $0.27 \pm 0.16^{\circ}\text{C}$ 、患者群が $0.29 \pm 0.16^{\circ}\text{C}$ であり、患者群のほうが正常者群よりもわずかに大きな値を示したが、両群間に有意差が認められなかった。一方、顎関節外側部の表面温度の左右側差は、正常者群では、頬骨弓部と同様に 0.2°C 以下の被験者が過半数を占めたが、 0.5°C 以上の被験者も認められた。しかしながら、患者群では、 0.2°C 以下の被験者が 6 名、 0.3°C と 0.4°C の被験者が 5 名、 0.5°C 以上の被験者が 9 名であり、正常者群とは異なる分布を示した。また、顎関節外側部の表面温度の左右側差の平均値と標準偏差は、正常者群が $0.26 \pm 0.15^{\circ}\text{C}$ であったが、患者群が $0.42 \pm 0.21^{\circ}\text{C}$ であり、患者群のほうが正常者群よりも大きく、両群間に有意差が認められた。

3. 頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差

全被験者の頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差の分布は、図 12、また正常者群と患者群 20 名の頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差の平均値と標準偏差、ならびに

差の分布は、図 8 と 9、また正常者群と患者群の頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度の左右側差の平均値と標準偏差、ならびに両群間の平均値の差の検定結果は、図 10 と

図 13 Average and standard deviation of the temperature difference between zygomatic arch and outer part of TMJ for normal subjects and CMD patients
正常者群と患者群の頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差の平均値と標準偏差

両群間の平均値の差の検定結果は、図 13 と表 1 にそれぞれ示す。

頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差は、正常者では 0.7~1.2°C の範囲にあったが、患者群では 40 例すべてが正常者の範囲外にあり、正常者群とは明らかに異なる分布を示した。また、頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度の平均値と標準偏差は、正常者群が $0.95 \pm 0.12^\circ\text{C}$ であったが、患者群が $1.78 \pm 0.24^\circ\text{C}$ であり、患者群のほうが正常者群よりも著明に大きく、両群間に有意差が認められた。

IV. 考 察

1. 研究方法について

1) 環境条件について

皮膚表面温度は、局所の血流、組織の熱発生、組織の熱伝導などの内的因子や皮膚と周囲の温度勾配による熱伝導、風や気流による対流、皮膚に当たる輻射線の有無などの外的因子によって影響を受け^{14,15)}、またこれらの外的因子による画像の変化が皮膚表面温度の測定に影響を及ぼす^{15,16)}ことから、熱画像検査撮影時における室温、対流、馴化時間、撮影時間などの環境条件の整備の必要性が指摘されている¹⁷⁻¹⁹⁾。

顔面表面温度の測定時の室温については、 20°C ^{5,20)}、 22°C ⁷⁾、 $20 \sim 22^\circ\text{C}$ ^{11,12,21)}、 $22 \sim 25^\circ\text{C}$ ²²⁻²⁴⁾、 26°C ¹⁷⁾、 27°C 以上¹⁸⁾などの設定条件が報告されているが、着衣時では、 $20 \sim 25^\circ\text{C}$ が一般的である^{5,7,11,12,20,22-24)}。これは、裸体時と

着衣時とでは、皮膚と室温との熱的平衡条件が異なる¹⁹⁾ので、着衣時では、裸体時に比較して低い温度で熱的平衡が生じることによるものと考えられる。また、安静時の至適温度を調べた小川ら²⁵⁾は、安静座位で室温に十分馴化した状態では、暖かくも涼しくもない中性の温冷感と快適感とを得る室温が、裸体では 24°C よりやや高く、着衣では 22°C 付近であると報告している。これらのことを考慮し、本研究では、測定時の室温を $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に設定した。

対流の影響については、風が測定部位に直接当たると、皮膚温度の変動や低下が生じることが明らかにされている²⁶⁾ので、本研究では、空調の風流が被験者に直接当たらないようにするとともに、記録中の検査室への人の出入りを禁じ、室内の対流が変化しないように配慮した。

馴化時間については、室温の設定と同様に 10 分²⁷⁾、15 分^{7,10-12,21,24,28,29)}、20 分^{20,23,30)}、30 分^{22,31)} などさまざまな報告があるが、着衣時では 15 分が一般的である。これは、顔面の測定部位が常時露出しているため、他の身体の部位に比較すると、熱平衡時間が短くてすむためと考えられる。したがって、本研究では、馴化時間は 15 分にした。ただし、顔面表面温度は、室温と平衡状態に達していることも重要な条件となるので、ディスプレイで顔面表面温度を記録前にモニターし、顔面表面温度が平衡状態に達していることを確認後、サーモレーサーで撮影するように配慮した。

撮影時間については、体温が手背、足背ともに、9 時から 13 時へと上昇して 13 時でピークとなり、その後ほぼ一定である³²⁾こと、また顔面表面温度が咀嚼により上昇し、咀嚼終了後に減少するものの、30 分後では、完全に回復できない³³⁾ことを考慮し、本研究では、体温が安定し、摂食の影響がない 15 時から 17 時までの時間帯に設定した。

2) 測定基準部位について

Gratt ら¹²⁾は、正常者 102 名の前頭面における、顔面の片側、上眼窩部、下眼窩部、前頭部、眼窩、上顎洞、鼻部、上顎の前方部、上唇、下唇、オトガイ部の 11 部位、矢状面における、顔面の全部、上眼窩部、下眼窩部、眼窩、側頭筋前部、鼻部、頬部、上顎の前方部、上唇、下唇、オトガイ部、下顎、咬筋部、顎関節部の 14 部位について、顔面表面温度の左右側差を調べ、前頭面における 11 部位のすべて、矢状面における鼻部、上顎の前方部、上唇、下唇の 4 部位を除く 10 部位の合計 21 部位が 0.25°C 以下であったことから、この 21 部位を診断学的に重要な解剖学的部位としてあげている。この報告に基づき、本研究では、はじめに Gratt ら¹²⁾の示した 21 部位を 1 次測定基準部位に選定した。次に、これらのなかで、筋相当部や顎関節部などの CMD 症状の発現部位は、測定部位の対象となるため、除外し、前頭面における顔面の片側と前頭部、矢状面における顔面の全部、頬部、下顎を 2 次

測定基準部位とした。これらのうち、前頭面における顔面の片側、矢状面における顔面の全部と下顎は、筋相当部や顎関節などの CMD 症状の発現部位を含むので、症状の発現部位の温度変化の影響を受けるものと考えられる。そこで、2 次測定基準部位のうち、前頭面における顔面の片側、矢状面における顔面の全部と下顎を除外し、前頭面における前頭部、矢状面における頬部を 3 次測定基準部位とした。さらに、本研究では、矢状面における顎関節部を測定部位に選択しているので、測定部位と同一面にある同時撮影が可能なること、測定時のサーモグラフィの微妙な変動を無視できることを条件として、矢状面における頬部を 4 次測定基準部位に選択した。しかしながら、この頬部は、左右側差が少なく、安定した部位である^{27,34)}が、皮下の脂肪組織の量に個人差があるため、表面温度に個人差の影響が表れることが指摘されている^{27,34)}。この問題に対応すべく、本研究では、頬部のうち、皮下組織の影響が少ない頬骨弓中央部を最終的な測定基準部位に選択した。

3) 測定部位について

CMD における疼痛は、各種症状のなかで定量的評価が最も困難であるが、発現頻度が最も高く、最も高い発現頻度を示す部位は、顎関節部であると報告されている³⁵⁾。また、この顎関節部の疼痛は、主に顎関節構造の変化に起因しており、さらにこの顎関節構造の変化は、顎関節外側部と外耳孔の触診による圧痛から臨床的に診断できることが示唆されている³⁶⁾。これらのことを考慮し、本研究では、頭蓋下顎障害の最重要かつ代表的な部位である顎関節外側部を測定部位として選択した。

2. 研究結果について

1) 頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度について

皮膚表面温度に個人差が認められることは、よく知られている^{7,27,34)}が、その程度を顔面領域で調べた報告は、著者らが知る限りではほとんどなく、正常者 35 名の顎関節外側部と咬筋の表面温度を測定した Kopp ら³⁷⁾の研究のみと思われる。この研究によれば、顎関節外側部と咬筋の表面温度は、それぞれ 32.1~35.5°C、30.9~35.7°C であり、その範囲は、それぞれ約 3.5°C、約 5°C で相当広いという。本研究の結果では、正常者の表面温度は、頬骨弓部が 30.5~33.6°C、顎関節外側部が 31.4~34.6°C を示し、その範囲は、Kopp ら³⁷⁾が報告している顎関節外側部に近似して約 3°C で、個人差のあることが明らかになった。しかしながら、この個人差は、頬骨弓部と顎関節外側部の方が咬筋よりも少ないことを示している。これは、皮下組織量が多いと、皮膚表面温度が低くなる^{27,34)}ことから、皮下組織量が頬骨弓部や顎関節外側部では少ないのに対し、咬筋相当部では多いことによるものと考えられる。

正常者 19 名と顎関節部痛や筋筋膜痛を有する患者 58 名の顔面表面温度を調べた既述の Pogrel ら⁷⁾は、顎関節外

側部の表面温度が正常者群では 32.84±0.23°C であったが、顎関節外側部に圧痛を有する患者群では 33.81±0.83°C で高く、両者間に有意差が認められたと報告している。本研究の結果では、顎関節外側部の表面温度は、正常者群では、33.06±0.74°C であったが、患者群では 33.60±1.04°C で高く、Pogrel ら⁷⁾の報告と同様に両群間に有意差が認められた。したがって、顎関節外側部に圧痛を有する CMD 患者の顎関節外側部の表面温度は、正常者のそれよりも高いと断定してよいものと考えられる。しかしながら、この部の表面温度は、正常者群では 31.4~34.6°C の範囲、患者群では 32.0~35.6°C の範囲をそれぞれ示し、32.0~34.6°C の範囲で両群の値が重複しており、患者群の 20 名中 14 名の多くが正常者の範囲内にあった。これは、前述のように、顎関節外側部の表面温度に約 3°C の個人差があるために、顔面表面温度全体が高い患者では、圧痛部位の表面温度がより高くなり、正常者の範囲を逸脱するが、逆に顔面表面温度全体が低い患者では、圧痛部位の表面温度が上昇しても正常者の範囲内にとどまることを如実に表している。これらの所見は、同時に、端的な顔面表面温度の測定が正常と異常との判別を難しくする証左であり、Mohl ら¹³⁾が指摘しているような、個人差のない客観的な指標の検索の必要性を明示しているものと考えられる。

2) 頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度の左右側差について

正常者の顔面表面温度の左右側差について、Gratt ら¹²⁾、Kopp ら³⁷⁾は、あると報告しているが、逆に Gratt ら⁹⁾、関和³⁰⁾、渥美³⁸⁾、谷津³⁹⁾、高橋⁴⁰⁾、中島ら⁴¹⁾は、ないと報告している。このように顔面表面温度の左右側差については、意見の一致がみられていないが、ないという報告が多数を占めている。しかしながら、ないという Gratt ら⁹⁾、関和³⁰⁾、渥美³⁸⁾、谷津³⁹⁾、高橋⁴⁰⁾、中島ら⁴¹⁾の報告を詳しく検討してみると、表面温度の測定の分解能が 0.5°C または 1.0°C で低精度であるために、それら以下の左右側差が測定できず、結果としてないという結論に導かれている。あるいは、表面温度の測定分解能が 0.07°C で高精度であるにもかかわらず、左右側差を全被験者の平均値と比較しているために、個々の左右側差が相殺されてしまい、結果として同様な結論に至っている。したがって、これらの左右側差がないという見解は、分解能の精度や左右側差の評価法に問題があるといえ、再検討が必要と考えられる。

一方、分解能 0.1°C で各正常被験者 102 名の左右側差を算出後、全被験者の平均を求めた Gratt ら¹²⁾は、顎関節外側部では 0.17°C、頬部では 0.21°C、また正常者 35 名を調べた Kopp ら³⁷⁾は、顎関節外側部では 0.3°C の左右側差がそれぞれ認められたと報告している。本研究の結果では、顎関節外側部が 0.26°C、頬骨弓部が 0.27°C をそれぞれ示

し、Gratt ら⁴²⁾、Kopp ら³⁷⁾らの報告に近似した。したがって、正常者の顔面温度は、 0.3°C 以下の小さい値であるが、左右側差があると断定してよいものと考えられる。

正常者 53 名の全身の体表温の左右側差を調べた満洲ら⁴²⁾は、被験者の利き腕のほとんどが右側 (53 名中 49 名) で、その割合がきわめて大きかったこと、21 領域中 20 領域で右側のほうが左側よりも高く、その傾向が日常生活での使用頻度の多い上肢の方が下肢よりも顕著であったことから、利き腕が体表温に影響すると報告し、利き腕側の体表温の高い原因が利き腕の高い使用頻度により利き腕側の筋血流量が増加したためと推察している。この報告からすると、顔面表面温度も利き腕に相当する主咀嚼側の方が非主咀嚼側よりも高くしてしかるべきであろう。本研究の結果では、右側を主咀嚼側とする被験者が 11 名で過半数を占め、顎関節外側部が 19 名中 15 名、頬骨弓部が 18 名中 15 名において主咀嚼側の方が非主咀嚼側よりも高く、満洲ら⁴²⁾の報告に近似した。これは、満洲ら⁴²⁾の推察を十分支持できるだろう。すなわち、ヒトには主咀嚼側が存在し^{43,44)}、その発現率は、右側のほうが左側よりもわずかに高い^{43,45)}こと、筋活動は、主咀嚼側のほうが非主咀嚼側よりも有意に大きい⁴⁶⁾ことなどが明らかにされていることから、顔面表面温度は、利き腕側と同様に活動頻度の高い主咀嚼側のほうが非主咀嚼側よりも筋血流量を増加させているために、主咀嚼側が右側である被験者の右側で高くなったものと十分説明がつく。さらに、これは、サーモグラフィを用いて顔面表面温度の左右側差を評価する際に、主咀嚼側に留意して分析する必要があることを示すものと考えられる。

顎関節外側部の表面温度の左右側差は、本研究の結果では、正常者群が $0.26 \pm 0.15^{\circ}\text{C}$ であったが、患者群が $0.42 \pm 0.21^{\circ}\text{C}$ で大きく、両群間に有意差が認められ、顎関節外側部の表面温度そのものを両群間で比較した場合の差よりも明確であった。これは、個人差の影響を排除できたためであり、また左右側差の方が顔面温度そのものよりも、指標として有用性が高いことを示すものと考えられる。とはいえ、顎関節外側部の表面温度の左右側差の分布は、正常者群と患者群とでは明らかに異なっていたものの、正常者群でも、 0.5°C 以上の大きな左右側差を示す被験者が存在し、逆に患者群でも、 0.2°C 以下のきわめて小さな左右側差を示す患者が存在した。この所見は、左右側差を指標とすると、CMD の十分な診断ができないことを示すものと考えられる。したがって、個人差の影響を排除でき、正常者と CMD 患者との間の差をより明確にすることができる新たな指標が必要と考えられる。かかる理由から、本研究では、個人差や既述の左右側差の問題を解消するために、頬骨弓部を測定基準部位として設定し、測定基準部位と測定部位との間の温度差を指標として正常者と CMD 患者との間で比較を試みた。

3) 頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差について

正常者の頬骨弓部、側頭筋前部、咬筋中央部、顎関節部、胸鎖乳突筋部の表面温度を調べた三橋ら⁴⁷⁾は、頬骨弓部と他の部位との間に一定の傾向が観察されたと報告している。これは、顔面表面温度に個人差や左右側差があるものの、頬骨弓部の表面温度が低い場合には、顎関節外側部の表面温度も低く、逆に頬骨弓部の表面温度が高い場合には、顎関節外側部の表面温度も高いという関係があり、頬骨弓部を測定基準部位として他の部位を測定すれば、個人差や左右側差を除去できる可能性があることを示すものと考えられる。本研究の結果では、頬骨弓部に対する顎関節外側部の温度差は、正常者群の範囲が $0.7 \sim 1.2^{\circ}\text{C}$ であったが、患者群の範囲がすべて 1.3°C 以上で、明らかに異なった。また、患者群のほうが正常者群よりも著明に大きく、両群間に高度な有意差が認められた。これらは、個人差や左右側差を確実に排除できたことを十分示している。さらに、正常者群の頬骨弓部と顎関節外側部との関係を調べた結果では、明確な正の相関が認められた。したがって、頬骨弓部を測定基準部位として測定部位との温度差を指標とすることにより、個人差や左右側差の問題を排除でき、顔面温度の定量的評価が十分可能と考えられる。同時に、これらは、頬骨弓部の測定基準部位としての妥当性を明確に示すものと考えられる。

顎関節外側部の表面温度は、本研究の結果では、正常者群、患者群ともに、頬骨弓部のそれよりも高かったが、両表面温度間の差は、患者群で顕著であった。これは、顎関節外側部の表面温度が患者群で著明に上昇していることを示すものとする。このような、圧痛部位の皮膚温の上昇について、片側の咬筋に圧痛を有する CMD 患者では、症状側のほうが非症状側よりも高かったと報告している Berry ら⁵⁾は、咬筋が損傷を受け、咬筋の一部あるいは全部に充血が存在することに起因すると考察している。この考え方に従えば、本研究の顎関節外側部に圧痛を有する CMD 患者の顎関節外側部の表面温度の上昇は、顎関節部あるいは顎関節部周辺に何らかの損傷があり、顎関節外側部の一部あるいは全部に充血が存在することになろう。既述のように顎関節外側部の圧痛が顎関節構造の変化に起因することが示唆されており³⁶⁾、また顎関節構造の変化、すなわち顎関節内部障害を生じる最大の原因は、外傷であり、組織的变化を原因づける関節への何らかの突然の力として定義づけられるマクロ的外傷、あるいは長期間繰り返される関節組織に対するあらゆる小さな力として定義づけられるミクロ的外傷のいずれかであるといわれている⁴⁸⁾ことからすると、顎関節外側部に圧痛を有する CMD 患者の顎関節外側部の表面温度の上昇は、顎関節部あるいは顎関節部周辺にマクロ的あるいはミクロ的外傷が存在し、顎関節外側部の一部あるいは全部に充血が存在することによるものと考えてよいように思われる。

V. 結 論

サーモグラフィによる頭蓋下顎障害 (CMD) の診断法の確立のために必要な顔面表面温度の定量的評価の可能性を検討する目的で、サーモグラフィを用いて頬骨弓部を測定基準部位として顎関節外側部の表面温度を測定し、両部位間の差と両部位の左右側差について、20 歳代の正常者 20 名と CMD 患者 20 名との間で比較し、測定基準部位の妥当性と有効な指標を検索した。結果は、以下の通りである。

1. 頬骨弓部と顎関節外側部の表面温度は、正常者群、CMD 患者群ともに個人差が認められた。
2. 正常者群の表面温度は、頬骨弓部と顎関節外側部との間に高度に有意な相関が認められた。
3. 顎関節外側部の表面温度は、CMD 患者群のほうが正常者群よりも高く、両群間に有意差が認められた。
4. 顎関節外側部の表面温度の左右側差は、CMD 患者群のほうが正常者群よりも大きく、両群間に高度な有意差が認められた。
5. 頬骨弓部に対する顎関節外側部の表面温度差は、CMD 患者群のほうが正常者群よりも著明に大きく、両群間に高度な有意差が認められた。
6. 以上のことから、頬骨弓部は、測定基準部位として妥当性があり、また頬骨弓部に対する他の測定部位との温度差は、有効な指標となることが確認され、サーモグラフィによる顔面表面温度の定量的評価の可能性が示唆された。

稿を終わるに臨み、ご協力いただいた同講座の中島邦久講師、田中彰助手、ならびに稲葉 仁、宮崎 仁、上田奈緒子、滝口昌親の各大学院生に感謝いたします。

なお、本論文の予備的内容は、日本歯科大学歯学会 444 回例会 (1995 年 10 月 19 日)、また一部は、日本歯科大学歯学会 446 回例会 (1995 年 12 月 21 日)、さらに最終的要旨は、第 44 回 JADR (国際歯科研究学会日本部会) 総会 (1996 年 11 月 27 日) において、それぞれ発表した。

文 献

- 1) 渥美和彦, 桜井靖久, 藤正 巖. サーモグラフィー赤外線放射温度計の医学的応用一. 医用電子と生体工学 3 : 281-296, 1965.
- 2) 山崎義弥, 桜井靖久. サーモグラフィー. 外科治療 29 : 433-441, 1973.
- 3) 加藤富三, 五十嵐善晃, 渡辺 均. 乳房サーモグラフィの臨床一とくに乳癌の診断について一. 日臨 37 : 166-170, 1979.
- 4) 川上憲司, 関谷 透, 多田信平ほか. 甲状腺サーモグラフィーの臨床. 日臨 37 : 171-178, 1979.
- 5) Berry DC, Yemm R. Variation in skin temperature of the face in normal subjects and in patients with mandibular dysfunction. Br J Oral Surg 8 : 242-247, 1971.
- 6) Berry DC, Yemm R. Change in facial skin temperature associated with unilateral chewing. J Oral Rehabil 1 : 127-129, 1974.
- 7) Pogrel MA, Erbez G, Taylor RC et al. Liquid crystal thermography as a diagnostic aid and objective monitor for TMJ dysfunction and myogenic facial pain. J Craniomandib Disord 3 : 65-70, 1989.
- 8) Steed PA. The utilization of contact liquid crystal thermography in the evaluation of temporomandibular dysfunction. J Craniomandibular Pract 9 : 120-128, 1991.
- 9) Gratt BM, Sickles EA. Thermographic characterization of the asymptomatic temporomandibular joint. J Orofac Pain 7 : 7-14, 1993.
- 10) Weinstein SA, Weinstein G, Weinstein EL. Thermophysiology anthropometry of the face in homo sapiens. J Craniomandibular Pract 8 : 252-257, 1990.
- 11) Gratt BM, Sickles EA, Wexler CE et al. Thermographic characterization of internal derangement of the temporomandibular joint. J Orofac Pain 8 : 197-206, 1994.
- 12) Gratt BM, Sickles EA. Electronic facial thermography : An analysis of asymptomatic adult subjects. J Orofac Pain 9 : 255-265, 1995.
- 13) Mohl ND, Ohrback RK, Crow HC et al. Devices for the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. Part 3 : Thermography, ultrasound, electrical stimulation, and electromyographic biofeedback. J Prosthet Dent 63 : 472-477, 1990.
- 14) 大原孝吉. 皮膚温. 中山昭雄編, 温熱生理学 10-17, 東京 : 理工学社, 1981.
- 15) 永江 学. 赤外線サーモグラフィ撮影の基礎. 藤正 巖編, 生理機能画像診断サーモグラフィ 45-50, 東京 : 秀潤社, 1988.
- 16) 内田 勲. 的確なサーモグラム撮影と分析をするための基礎手技と基礎知識. 医・生物サーモグラフィ 13 : 52-56, 1993.
- 17) 三木吉治. サーモグラフィーの臨床的応用 (II). 西日皮 40 : 1168-1175, 1978.
- 18) 藤正 巖. 体表面の生理学とサーモグラフィ. 医・生物サーモグラフィ 1 : 18-21, 1982.
- 19) 藤正 巖. サーモグラフィを病態生理学的に理解するには. 藤正 巖編, 生理機能画像診断サーモグラフィ 36-39, 東京 : 秀潤社, 1988.
- 20) Berry DC, Yemm R. A further study of facial skin temperature in patients with mandibular dysfunction. J Oral Rehabil 1 : 255-264, 1974.
- 21) 桜井靖久, 藤正 巖, 森川幸月ほか. 医用サーモグラフィー. 医のあゆみ 60 : 183-193, 1967.
- 22) 谷津三雄, 中川圭介, 焼田志図夫ほか. 赤外線医用サーモグラフィーの医学への応用一健康人の顔面における皮膚温一. 日大口腔科学 2 : 329-338, 1976.
- 23) 渡邊康文, 加藤栄行, 武井謙司ほか. 咀嚼運動が顔面領域に及ぼす影響についての, サーモグラフィーによる研究一第 1 報

- 再現性について一. 医・生物サーモグラフィ 8: 206-208, 1988.
- 24) 越智 悟, 足立清之, 上村勝人ほか. 顎関節症患者におけるサーモグラフィーの応用について. 岡山歯誌 11: 205-209, 1992.
- 25) 小川庄吉, 長田泰公, 久野由基一ほか. 至適温度条件の季節差について. 公衛院研報 24: 221-231, 1975.
- 26) Winslow CEA, Herrington LP (北 博正, 北村 望). Temperature and human life (温度と人間—温熱の生理衛生学— 35-38, 東京: 人間と技術社, 1974), 1949.
- 27) 足立清之, 長谷川 勲, 杉原良枝ほか. サーモグラフィによる顎顔面領域の正常皮膚温度分布の検討. 岡山歯誌 10: 243-248, 1991.
- 28) Baenes RB. Thermography. Ann NY Acad Sci 121: 34-48, 1964.
- 29) 松木宏真, 竹田節子, 前田好正ほか. 顎関節症における皮膚温の検討. 日口外誌 36: 1289-1295, 1989.
- 30) 関和忠信. 顔の表面温度に関する研究—各領域の比較—. 日大歯学 56: 1056-1072, 1982.
- 31) 松岡 瑛, 則 志津, 宮内政博ほか. 臨床検査におけるサーモグラフィ. 医・生物サーモグラフィ 1: 37-40, 1982.
- 32) 芝田宏美, 松岡 瑛. ワークショップ「熱画像検査診断基準の設定に向けて」(II) 熱画像検査の環境条件の設定基準. 医・生物サーモグラフィ 13: 57-59, 1993.
- 33) 土屋公行, 高田健治, 保田好隆ほか. チューイングガム咀嚼時の顔面温分布に関する研究. 歯基礎誌 32: 93-102, 1990.
- 34) 貞光謙一郎. サーモグラフィーによる顔表面温度の分析. 補綴誌 38: 548-559, 1994.
- 35) 小林義典, 石川 忠, 中村泰司ほか. 咀嚼系機能障害に関する臨床的研究—初診時における臨床症状の分析—. 歯学 69: 1203, 1982.
- 36) 渋谷 始, 石川 忠, 小林義典. 頭蓋下顎障害の疼痛に関する臨床的研究—咀嚼系の各部の疼痛との関連でみた顎関節痛—. 歯学 83: 1014-1030, 1996.
- 37) Kopp S, Haraldson T. Normal variation in skin surface temperature over the temporomandibular joint and masseter muscle. Scand J Dent Res 91: 308-311, 1983.
- 38) 渥美和彦. オプトエレクトロニクスと医学. 東京医 76: 251-269, 1969.
- 39) 谷津三雄, 中川圭介, 焼田志図夫ほか. 健康人顔面のサーモグラムに関する研究—特にその表示法について (第1報)—. 日大口腔科学 4: 28-35, 1979.
- 40) 高橋 孝. 顔の表面温度に関する研究, 一冷電法後の経時的変化について—. 日大歯学 58: 105-123, 1984.
- 41) 中島邦久, 三橋博之, 志賀 博ほか. サーモグラフィによる臨床的研究, 第1報 正常者における顔面表面温度の左右側の対称性について. 歯学 78: 608, 1990.
- 42) 満洲邦彦, 池川志郎, 松永徹志ほか. 正常例における体表面温の左右差の検討. 医・生物サーモグラフィ 7: 66-68, 1987.
- 43) 仁村秀由喜, 小林義典. 咀嚼運動における主咀嚼側咀嚼時と非主咀嚼側咀嚼時との差異. 補綴誌 34: 1127-1139, 1990.
- 44) 志賀 博, 小林義典, 村上義和ほか. EMG の咀嚼リズムにおける主咀嚼側咀嚼時と非主咀嚼側咀嚼時との差異. 歯学 80: 439-445, 1992.
- 45) 小林義典, 五島朋幸, 石川 忠ほか. 頭蓋下顎機能障害に関する臨床的研究—咀嚼習慣と患側—. 歯学 82: 153-160, 1994.
- 46) 中原 敏, 本田栄子, 大曲統司明ほか. 両側咬筋の放電活動の差異について. 九州歯会誌 24: 400-408, 1971.
- 47) 三橋博之, 中島邦久, 志賀 博ほか. サーモグラフィによる臨床的研究, 第2報 測定基準について. 歯学 78: 868, 1990.
- 48) Okeson JP (丸山剛郎, 岸本満雄). Management of temporomandibular disorders and occlusion (顎口腔機能異常と咬合のマネジメント 167-170, 東京: 第一歯科出版, 1990), 1989.