

〔原著〕 松本歯学 19：158～162, 1993

key words：熱伝導解析 — 全部鑄造冠装着歯 — 有限要素法

全部鑄造冠装着歯の歯髄温度に関する熱伝導解析

柳田史城, 片岡 滋, 土屋総一郎
岩井啓三, 甘利光治

松本歯科大学 歯科補綴学第2講座 (主任 甘利光治 教授)

Thermal Conductive Analysis of Pulpal Temperatures of Full Cast Restored Teeth

FUMISHIRO YANAGIDA, SHIGERU KATAOKA, SOHICHIROH TSUCHIYA,
KEIZO IWAI, and MITSU HARU AMARI

*Department of Prosthodontics II, Matsumoto Dental College
(Chief : Prof. M. Amari)*

Summary

A thermal conductive analysis of pulpal temperature of cast restored teeth was conducted.

The results obtained were as follows :

- 1) The conditions of the study were as follows : time was 0 sec and temperature 5°C. The temperature on the labial pulp horn of full cast crown dropped suddenly, and temperature on the labial pulp horn of natural tooth fell slowly.
- 2) When the next step was performed, time was 0 sec and temperature 70°C. The temperature on the labial pulp horn of full cast crown rose suddenly, and that of the natural tooth rose slowly. The same tendency was apparent.
- 3) Initially, this study was conducted at time of 0 sec and temperature 5°C. After 5.0 sec, when the surface temperature was 36°C, full cast crown reached the lowest temperature earlier than natural tooth, and the lowest temperature of full cast crown was lower than that of natural tooth.
- 4) Initially, this study was conducted at time of 0 sec and temperature 70°C. After 5.0 sec, when the surface temperature was 36°C, full cast crown peak the highest temperature earlier than natural tooth, and the peak temperature of full cast crown was higher than that of natural tooth.

緒 言

生活歯が温度刺激を受ける機会は冷温飲食物の摂取、歯科治療時など種々であるが、その頻度はきわめて高い。こうした生活歯に対する温度刺激は、場合によっては歯髄炎などを引き起こす原因の一つとされている¹⁻⁶⁾。

特に熱伝導率の高い金属材料⁷⁾を用いた全部鑄造冠による歯冠補綴を行った場合は、温度刺激の影響を受けやすいと推察できる。

そこで我々は、日常装着頻度が高く、時として歯髄炎を生じることがあるとされている⁵⁾生活歯支台の全部鑄造冠装着歯と天然歯について、歯冠外表から温度刺激が加わったときの歯髄内温度を比較し、どの程度違いが生じるのかを2次元有限

要素法による非定常熱伝導解析手法を用いて歯髄温度変化を経時的に算出し検討した。

方 法

解析対象歯として、下顎第2小臼歯を選択した。歯および歯髄の寸法は、先人たちの報告^{8,9)}を参考にし、頬舌断面における歯冠部をモデル化した(図1)。それに標準的な全部鑄造冠のための支台歯形成¹⁰⁾を施し、鑄造用合金にて全部鑄造冠を製作、0.1 mmのセメント層をもって合着したものと想定した(図2)。これを要素分割し、三角形要素数130、節点数79とした有限要素モデルを作成した(図3)。モデルを構成する各材料は図4に示し、それらの材料定数を表1に示した。

また各材料は等方性で温度依存性はないものとした。

図5は解析条件を示したもので、モデルの各材料の初期温度は36℃とし、歯冠部咬合面側2/3の外表面に温度刺激を加えた。

刺激温度および時間は、冷刺激として5℃、また温刺激として70℃とし、それぞれ時間0 secで固定し、その後それぞれの温度で一定に保ったものと、時間0 secで5℃および70℃にそれぞれ瞬

表1：材料定数

構成材料	熱伝導率 (cal/sec·cm°C)	比熱 (cal/g·°C)	密度 (g/cm ³)
金合金	0.7000	0.04	15.00
エナメル質	0.0022	0.18	3.00
象牙質	0.0015	0.28	2.20
歯髄	0.0014	1.00	1.00
セメント	0.0028	0.20	2.60

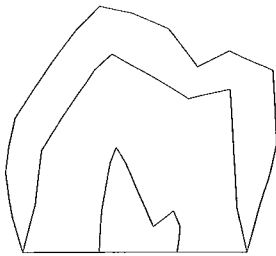


図1：天然歯モデル

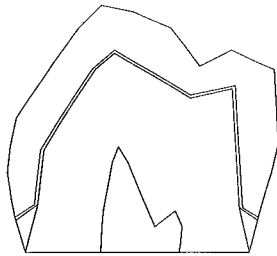


図2：鑄造冠装着歯モデル

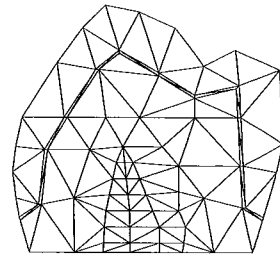


図3：有限要素モデル

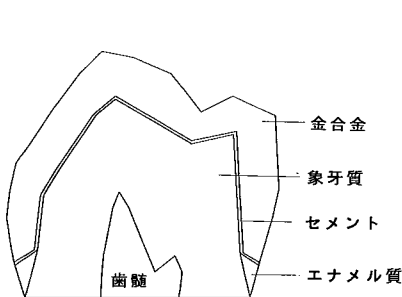


図4：構成材料

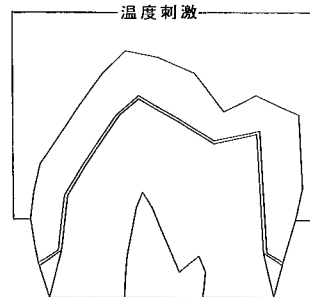


図5：解析条件

間固定し、5.0 sec 後に外表面温度が36°Cになるようにし、その後一定に保ったものに設定して、経時的な歯髄温度変化を求めた。

温度測定点は頬側髄角部とし、また天然歯についても同様の条件で歯髄温度変化を求めた。なお計算にあたってはパーソナルコンピューター、PC9801RA(日本電気社製)を使用し、解析プログラムは総合2次元有限要素法構造解析システムCR-X(くいと社製)を用いた。

結果と考察

時間0 secで5°Cに一定固定した場合の全部鑄造冠装着歯と天然歯の比較結果を図6に示した。

鑄造冠装着歯の温度変化は天然歯のそれと比べると温度低下は急激で、その差が最大となったのは、9.5秒後でそのときの全部鑄造冠装着歯の髄角部温度は、18.7°Cで天然歯のそれは25.9°Cでその差は7.2°Cであった。

同様に70°Cで一定固定した場合の全部鑄造冠装着歯と天然歯の比較結果を図7に示した。

冷刺激付与の場合と同様の結果で、全部鑄造冠

装着歯の経時的な温度変化は天然歯モデルと比べ、温度上昇は急激で、その差が最大となったのは9.5秒後で、そのときの全部鑄造冠装着歯の髄角部歯髄温度は55.0°Cで天然歯は47.1°Cとなりその差は7.9°Cとなった。

図8は、時間0 secで5°Cに瞬間固定し、5.0 sec後に外表面温度を36°Cに戻したときの、全部鑄造冠装着歯と天然歯との比較を示した。

全部鑄造冠装着歯のほうが温度低下は急激で、戻りも早かった。また天然歯よりも最低温度は低い温度を示し、その時の温度は28.9°Cで経過時間は、5.5 secで天然歯のそれは、31.3°Cで経過時間は7.4 secであった。すなわち、最低温度を示した温度と経過時間の差は、2.4°C、1.9 secであった。

図9は、同様に時間0 secで70°Cに瞬間固定し、5.0 sec後に外表面温度を36°Cに固定したときの比較を示した。冷刺激を与えたときとほぼ同様の傾向を示し、天然歯と比べ全部鑄造冠装着歯のほうが温度上昇は急激で、戻りは早かった。また全部鑄造冠装着歯のほうが、最高温度が高く43.8°Cを示し、その経過時間も早く5.5 secであった。ま

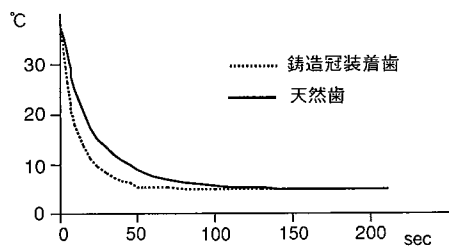


図6：頬側髄角部の温度時刻歴
(時間0 secで5°Cに一定固定)

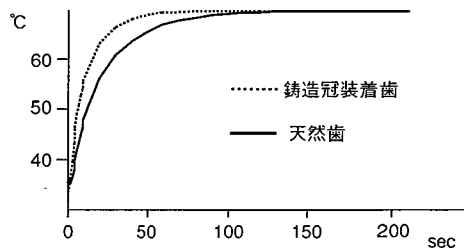


図7：頬側髄角部の温度時刻歴
(時間0 secで70°Cに一定固定)

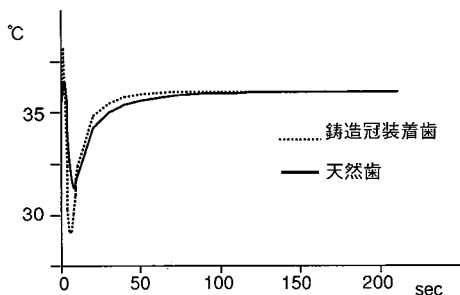


図8：頬側髄角部の温度時刻歴
(時間0 secで5°Cに固定し、5 sec後に36°Cに一定固定)

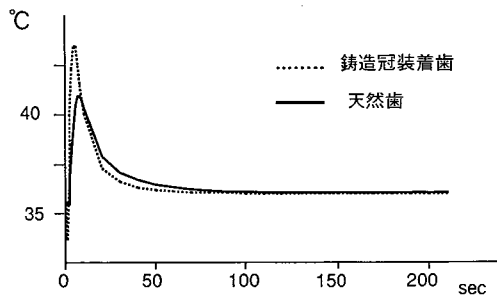


図9：頬側髄角部の温度時刻歴
(時間0 secで70°Cに固定し、5 sec後に36°Cに一定固定)

た天然歯のそれは、41.1℃で経過時間は7.4 secで、最高温度を示した温度と経過時間の差は、2.7℃、1.9 secであった。

従来より、熱伝導率の高いとされる金属材料⁷⁾を生活歯の歯冠修復に応用した場合、温度刺激により天然歯に比べ歯髄にその影響を与えやすいと報告されている¹⁾。しかし、温度刺激を持続的に与えた場合や一時的な温度刺激を与えた場合などの経時的な歯髄温度変化を検討した報告は少ない^{2,3)}。そこで経時的な温度変化が推論できる有限要素法による熱伝導非定常解析を行った。

本実験では通常、影響を受けやすいと考えられる最突出部の歯髄である頰側髄角部¹¹⁾を測定点とした。また頰粘膜、および舌などの口腔内の環境を想定すると、歯頸部付近では温冷刺激がやわらげられるので、歯冠長の咬合面側2/3の外表面に通常、快適に飲食できる限界温度の最高温度70℃と最低温度5℃^{1,12,13)}を温度刺激として与えた。

70℃あるいは5℃の冷温刺激を持続的に保った場合、全部鑄造冠装着歯のほうが天然歯に比べ、歯髄内温度変化が急激であった。また70℃あるいは5℃の温度刺激を与えて5.0 sec後に36℃にした場合、全部鑄造冠装着歯は歯髄内温度変化が急激で、すぐに温冷刺激の影響を受けるが、逆に体温である36℃にすぐに戻った。天然歯は温冷刺激の影響を受けにくい36℃に戻りにくかった。これらのことはエナメル質に比べ熱伝導率が高く、比熱が低く、密度の高いという特性を持った金属材料を用いたためと考えられる。Gängler¹⁴⁾やReuling¹⁵⁾らの報告では、歯髄内温度の安全域は、25℃～42℃の間でなければならないと述べている。したがって、天然歯や全部鑄造冠装着歯においては温冷刺激を受けた場合、歯髄内温度がこの範囲でなければ歯髄はなんらかの影響を受けると考えられ、天然歯と全部鑄造冠を比べると、本実験成績から見ると、全部鑄造冠装着歯のほうがより危険性が高いと思われる。

本実験では、鑄造冠装着歯の支台形態を標準的なものとして天然歯と比較したものを示したもので、軸ターバー度が大きい場合や咬合面削除量が多い場合、あるいは部分的に歯髄に近接しているところがある場合は、結果において歯髄内温度の変化がより大きくなるものと推察できる。したがって、支台歯形態の決定や支台歯形成の手法な

ども十分な注意が必要であることがわかる。また、歯冠補綴用材料として、できるだけ天然歯に近い熱伝導率の小さい材料の応用が望まれる。

結 論

生活歯において全部鑄造冠装着歯と天然歯に温度刺激を与え、経時的な歯髄内温度変化を有限要素法による熱伝導解析法により検討したところ以下の成績を得た。

1. 時間0 secで5℃に一定固定した場合、頰側髄角部において全部鑄造冠装着歯は、温度低下は急激で、天然歯のそれは緩やかであった。
2. 時間0 secで70℃に一定固定した場合、冷刺激付与の場合と同じ傾向で、頰側髄角部において全部鑄造冠装着歯は、温度上昇は急激で、天然歯のそれは緩やかであった。
3. 時間0 secで5℃に瞬間固定し、5.0 sec後に外表面が36℃になるように設定した場合、全部鑄造冠装着歯のほうが天然歯と比べ最低温度に到達する時間が短く、また最低温度も天然歯と比べ低い値となった。
4. 時間0 secで70℃に瞬間固定し、5.0 sec後に外表面が36℃になるように設定した場合においても、冷刺激を与えた場合と同様の傾向で、全部鑄造冠装着歯のほうが天然歯と比べ最高温度に到達する時間が短く、また最高温度も天然歯と比べ高い値となった。

文 献

- 1) 高橋典章 (1978) 歯冠補綴物の形態および材料が歯髄内に及ぼす熱伝導解析。補綴誌, 22: 257~273.
- 2) 高橋典章, 甘利光治, 阪本義典, 菊池 肇(1979) 残存歯質量が歯髄内に及ぼす熱伝導解析 その2. 全部鑄造冠支台歯形成における軸ターバー度および咬合面削除量との関係。歯科医学, 42: 742~745.
- 3) 小山内 惺 (1981) 各種歯科用修復材の熱伝導性に関する研究。日歯保誌, 24: 363~380.
- 4) 北上徹也, 高橋典章, 末瀬一彦, 大野直人, 村井則明, 尾持英子, 菊池 肇 (1978) 残存歯質量が歯髄内に及ぼす熱伝導解析—咬合窩洞の幅径および深度との関係—。歯科医学, 41: 169~173.
- 5) 塩沢育巳, 中野雅徳, 三間清行, 森川昭彦, 中里紀之, 兼子晴美, 田端恒雄 (1978) 生活支台歯の術後症状に関する臨床的研究。補綴誌, 22: 507~514.

- 6) Stanley, H. R. (田熊庄三郎監訳) (1992) 歯科保存修復の臨床病理, 58~64. デンタルダイヤモンド社, 東京.
- 7) Craig, R. G. (1985). Restorative dental materials, 7th edition, 37~59. C. V. Mosby, St. Louis.
- 8) 藤田恒太郎, 桐野忠大(1971)歯の解剖学, 60~62. 金原出版, 東京.
- 9) 田中誠禾, 吉岡 登, 久保田英雄 (1957) 歯牙可削径の計測 (第6回報告) 下顎第二小臼歯. 歯科学報, 52 : 27~31.
- 10) 保母須弥也, Shillingburg, Whitsett, (伊藤正俊, 富野 晃訳) (1978) 歯冠補綴学, Fundamentals of fixed prosthodontics 69~106, クインテッセンス出版, 東京.
- 11) 柳田史城, 片岡 滋, 土屋総一郎, 森岡芳樹, 岩井啓三, 甘利光治 (1993) 支台歯の熱伝導解析. 松本歯学, 19 : 29~34.
- 12) Plant, C. G., Jones, D. W. and Darvell, B. W. (1974) The heat evolved and temperatures attained during setting of restorative materials. Br. Dent. J., 137 : 233~238.
- 13) Longman, C. M. and Pearson, G. J. (1987) Variations in tooth surface temperature in the oral cavity during fluid intake. Biomaterials, 8 : 411~414.
- 14) Gängler, P. (1976) Das Verhalten der Blutzirkulation der Pulpa auf thermische Reize, Zahn, Mund Kieferheilkd., 64 : 480~486.
- 15) Reuling, N. und Siebert, G. (1987) In-Vitro-Messungen der Temperature am Pulpakammerdach bei Marktoten, Überkronten und Nichtüberkronten Zähnen unter dem Einfluss isolierter thermischer Reize. Schweiz Monatsschr. Zahnheilkd., 97 : 311~316.