原著論文

デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力の信頼性

志賀博, 小林義典, 中島邦久, 横山正起, 荒川一郎

日本歯科大学歯学部歯科補綴学第1講座

〔受付：平成15年1月9日〕

Reliability of the Occlusal Force displayed on the Dental Prescale System

Hiroshi Shiga, Yoshinori Kobayashi, Kunihisa Nakajima, Masaoki Yokoyama, Ichiro Arakawa

The Nippon Dental University, School of Dentistry at Tokyo, Department of Partial and Complete Denture

〔Received: January 9, 2003.〕

Key Word: Dental prescale, occlusal force, colored area, pressure device

Abstract: In order to investigate the reliability of the occlusal force displayed on the dental prescale system, 5 different magnitudes of pressure were applied on the dental prescale and the displayed colored area and the occlusal forces displayed on the dental prescale system were analyzed.

Two types of pressurizer, pressurizer A, a column with a square surface of a side of 1 mm and a surface area of 1 mm², and pressurizer B, a column with a circular surface area of 1 mm² were attached to the pressure device. Then for each type of pressurizer 5 different magnitudes of forces, 20, 40, 60, 80, and 100N were applied onto the dental prescale. For analysis the colored surface area created by the two pressurizers were calculated and compared among the pressurizing forces. Then the occlusal forces recorded on the dental prescale were measured by the Occluser (FPD703, Fuji film) and the relationship between occlusal forces and pressurizing forces was investigated for both pressurizer A and B. Also the occlusal force obtained under the application of each pressure was compared between the two pressurizers.

When pressures of 20 to 100N were applied each colored area on the dental prescale showed the shape of the pressurizer. Every surface area was close to 1 mm² and no significant difference was found between the pressurizing forces ($F=1.306$, $p>0.05$). The occlusal forces displayed on the dental prescale system for both pressurizer A and B increased as the pressurizing force increased and a significantly positive correlation was statistically found between the two (pressurizer A; $r=0.991$, $p<0.01$, pressurizer B; $r=0.990$, $p<0.01$). The occlusal forces displayed on the dental prescale system for both pressurizers A and B had similar values and no significant difference was found between the two. Also the occlusal forces showed on the dental prescale system for pressurizers A and B were close to the theoretical values for pressures between 20N and 80N and was smaller than the theoretical value for 100N.

From these results it was concluded that the dental prescale system can measure the occlusal forces within the range of pressure 20 to 80N exclusive of 100N with high accuracy.

抄録 デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力の信頼性を検証する目的で、デンタルプレスケールに異なる5種類の荷重圧を加え、デンタルプレスケールの発色状態とデンタルプレスケールシステム

で表示される咬合力について分析した。

実験は、1 辺が 1 mm の正方形で 1 mm^2 の面をもつ直方体の加圧子（加圧子 A）と面積が 1 mm^2 の円柱状の加圧子（加圧子 B）を較正用圧力装置に装着後、デンタルプレスケール（50H・R type）に 20, 40, 60, 80, 100 N の 5 種類の荷重をそれぞれ加えた。分析は、はじめに各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態を観察後、加圧子 A と加圧子 B の発色面積を算出し、各荷重間で比較した。次いで、オクルーザー（FPD703, 富士写真フィルム）を用いて、デンタルプレスケール上に記録された咬合力を測定後、加圧子 A と加圧子 B について、荷重圧と咬合力との間で相関の有無を調べた。また、加圧子 A と加圧子 B における各荷重圧の咬合力について、加圧子間で比較した。

20~100 N の各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態は、加圧子の形状を示し、その面積は、いずれも 1 mm^2 に近似し、荷重間に差が認められなかった（ $F=1.306$, $p>0.05$ ）。デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力は、加圧子 A と加圧子 B ともに、荷重圧が増すに従って増大し、荷重圧と咬合力との間にそれぞれ有意な正の相関が認められた（加圧子 A ; $r=0.991$, $p<0.01$, 加圧子 B ; $r=0.990$, $p<0.01$ ）。加圧子 A と加圧子 B におけるデンタルプレスケールシステムで表示される咬合力は、いずれの荷重時でも、加圧子 A と加圧子 B の値が近似し、両者間に有意差が認められなかった。また、デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力は、加圧子 A, 加圧子 B ともに、20~80 N 荷重では、ほぼ理論値に近似したが、100 N 荷重では、理論値よりも小さかった。

これらの結果から、デンタルプレスケールシステムは、20~80 N 荷重では、強さに応じた咬合力を正確に測定できるが、100 N 荷重では、正確に測定できないことが確認された。

I. 緒 言

デンタルプレスケール（富士写真フィルム社製）は、咬頭嵌合位に近い状態で咬合接触面積や圧力の大きさを測定できることから、臨床応用が大いに期待されており、その有用性も部分的ながら、報告されるようになってきた¹⁻⁶⁾。しかしながら、このデンタルプレスケールは、フィルム中に分散された大小のマイクロカプセルが外力に応じて破壊され、赤色の濃淡を生じる感圧フィルムであるために、加圧部位の違いによって、デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力や咬合接触面積が変化し、信頼性を低下させる可能性がある。したがって、臨床応用するためには、デンタルプレスケールシステムの信頼性を明らかにしておく必要がある。

本研究は、デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力の信頼性を検証する目的で、デンタルプレスケールに異なる 5 種類の荷重圧を加え、デンタルプレスケールの発色状態とデンタルプレスケールシステムで表示される咬合力について分析した。

II. 研究方法

1. 記録方法

実験に先立ち、荷重時の加圧子の面積を決定する目的で、20 歳代の健康者 10 名（男性 5 名、女性 5 名）に最大

クレンチングの 80% の強さのクレンチングを 3 秒間行わせ、デンタルプレスケール（50H, R type）で咬合接触部位を記録後、上顎の両側臼歯舌側咬頭の咬合接触面積を計測した。その結果、これらの咬合接触面積の平均は、 $1.22 \text{ mm}^2 \pm 0.23 \text{ mm}^2$ を示したので、本研究における加圧子の面積は、 1 mm^2 とした。

実験は、明らかに異なる形態の 2 種類の加圧子、すなわち 1 辺が 1 mm ($\pm 0.02 \text{ mm}$ の精度) の正方形で 1 mm^2 の面積をもつ直方体の加圧子（加圧子 A）と面積が 1 mm^2 の円柱状の加圧子（加圧子 B）を炭素鋼で製作した。この加圧子の表面粗さは 0.8 G (± 0.8 ミクロン)、加圧面の平行度は ± 0.005 (5/1000 mm) である。次いで、0.05% の精度で 19.6 N ~ 196.0 N の範囲での荷重を行うことができる特注較正用圧力装置（図 1）に加圧子を装着し、デンタルプレスケールに 20, 40, 60, 80, 100 N の 5 種類の荷重をそれぞれ加えた。また、各荷重は、デンタルプレスケール上の異なる位置で 10 回づつ行い、約 1 秒間で設定した荷重値まで到達させた後、約 3 秒間保持した。なお、デンタルプレスケールは、50H シリーズ・R type を加圧子 A と加圧子 B でそれぞれ 1 枚使用した。

2. 分析方法

分析は、はじめに各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態を定性的に観察した後、発色面積の算出を行うために、デンタルプレスケール上の発色部位を CCD 顕微鏡（inf-500, モリテックス）を用いて 50 倍に拡大し、

図1 較正用圧力装置

Fig. 1 Pressure device for calibration

ビデオグラフィックプリンター (NC-300A, 富士写真フィルム) に出力した。発色面積は、50倍拡大の画像について、加圧子Aでは、縦と横のそれぞれ10部位の長さ、加圧子Bでは、10部位の直径をデジタルノギスで0.01mm単位で計測し、算出した (図2)。次いで、オクルーザー (FPD703, 富士写真フィルム) を用いて、デンタルプレスケール上に記録された咬合力を測定後、加圧子Aと加圧子Bについて、荷重圧と咬合力との間で相関の有無を調べた。なお、咬合力の測定は、荷重後約2時間経過した時点で行った⁷⁾。また、加圧子Aと加圧子Bにおける各荷重圧の咬合力について、加圧子間で比較した。さらに、各荷重圧における有効圧%について、荷重間で観察した。比較は、加圧子間では、Student's t 検定、荷重間では、分散分析 (ANOVA) で評価した。

Ⅲ. 結 果

1. デンタルプレスケールの発色状態

加圧子Aと加圧子Bにおける20~100Nの各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態は、図3に示す。

加圧子Aにおける20~100Nの各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態は、いずれも加圧子Aの形状である正方形を示し、その濃淡は、20Nで最も薄く、40, 60, 80, 100Nと荷重圧が増すに従って、濃くなる様相を呈した。20, 40, 60, 80, 100Nの各荷重における発色面積は、それぞれ $1.010 \pm 0.023 \text{ mm}^2$, $1.070 \pm 0.013 \text{ mm}^2$, $1.064 \pm 0.005 \text{ mm}^2$, $1.084 \pm 0.006 \text{ mm}^2$, $0.060 \pm 0.005 \text{ mm}^2$ を示し、いずれも 1 mm^2 に近似し、標準偏差も極めて小さく、荷重間に差が認められなかった ($F=1.306$, $p>0.05$)。また、加圧子Bにおける20~100Nまでの各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態は、いずれも

	縦の長さ	横の長さ
1	50.11	50.90
2	49.45	50.61
3	50.06	51.12
4	51.64	50.22
5	50.45	50.95
6	50.76	49.71
7	51.78	50.08
8	50.32	50.11
9	49.19	50.04
10	49.26	49.86
Mean	50.30	50.36
SD	0.90	0.57

(mm)

$$\frac{50.30 \times 50.36}{50 \times 50} = 1.013 \quad (\text{mm}^2)$$

加圧子 A

	直径
1	56.15
2	55.03
3	55.20
4	55.24
5	54.90
6	55.58
7	55.45
8	55.21
9	55.10
10	55.49
Mean	55.34
SD	0.36

(mm)

$$\pi \left(\frac{55.34}{50 \times 2} \right)^2 = 0.962 \quad (\text{mm}^2)$$

加圧子 B

図2 発色面積の計測方法

Fig. 2 Method for calculating colored area

[加圧子A]

[加圧子B]

図3 デンタルプレスケールの発色状態

Fig. 3 Colored area on the dental prescale

加圧子Bの形状である円形を示し、その濃淡は、20Nで最も薄く、40, 60, 80, 100Nと荷重圧が増すに従って、濃くなる様相を呈した。20, 40, 60, 80, 100Nの各荷重における発色面積は、それぞれ $1.044 \pm 0.006 \text{ mm}^2$, $1.051 \pm 0.053 \text{ mm}^2$, $1.057 \pm 0.015 \text{ mm}^2$, $1.061 \pm 0.012 \text{ mm}^2$,

図4 デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力

A：加圧子A，B：加圧子B

Fig. 4 Occlusal forces displayed on the dental prescale system

A：pressurizer A，B：pressurizer B

1.077±0.008mm²を示し、いずれも1mm²に近似し、標準偏差も極めて小さく、荷重間に差が認められなかった ($F=1.710$, $p>0.05$).

2. デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力と有効圧%

デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力は、加圧子Aと加圧子Bともに、荷重圧が増すに従って増大し、荷重圧と咬合力との間にそれぞれ有意な正の相関が認められた (加圧子A； $r=0.991$, $p<0.01$, 加圧子B； $r=0.990$, $p<0.01$).

加圧子Aと加圧子Bにおけるデンタルプレスケールシステムで表示される咬合力は、20N荷重では、20.4Nと20.8N、40N荷重では、40.5Nと40.8N、60N荷重では、61.9Nと60.5N、80N荷重では、80.7Nと80.8N、100N荷重では、93.1Nと93.9Nをそれぞれ示し、いずれの荷重時でも、加圧子Aと加圧子Bの値が近似し、両者間に有意差が認められなかった (図4, $p>0.05$). また、デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力は、加圧子A、加圧子Bともに、20～80N荷重では、ほぼ理論値に近似したが、100N荷重では、理論値よりも小さかった。なお、理論値との差は、20～80N荷重では、4%以下で小さかったが、100N荷重では6～7%で大きかった。

有効圧%は、20～60N荷重では、加圧子A、加圧子Bともに、いずれも100%であったが、80N荷重では、加圧子Aが98%、加圧子Bが99%、100N荷重では、加

子Aが96%、加圧子Bが97%を示し、順次減少した。

IV. 考 察

デンタルプレスケールには、測定範囲が3～13MPaの30Hと測定範囲が5～120MPaの50H、またそれぞれワックス付きのWタイプとワックスなしのRタイプがあるが、咬合力の測定に際しては、30H・Rタイプと50H・Rタイプの2種類が用いられている⁸⁻¹¹⁾。この2種類について、20歳代の健常者10名に最大クレンチング(100%MVC)の20、40、60、80、100%の各クレンチングを行わせ、クレンチングの増大に伴う咬合力の増加のパターンを調べた小林ら¹²⁾は、50H・Rタイプでは、咬合力の増加率が1で、クレンチングの強さの増大にほぼ一致して咬合力も増加したが、30H・Rタイプでは、増加率が0.5で、クレンチングの強さの増大に伴う咬合力の増加が少なかったことを確認し、50H・Rタイプでは、クレンチングの強さに応じた咬合力を測定できるが、30H・Rタイプが、正確に測定できていないことを明らかにしている。本研究では、この報告に基づき、50H・Rタイプを使用した。また、荷重(荷重圧)は、50H・Rタイプの測定範囲内である20～100N(20～100MPa)に設定した。本研究では、実験に先立ち、健常者10名の上顎臼歯舌側咬頭の咬合接触面積を計測した結果、その平均が1.22mm²であったことから加圧子の面積を1mm²に設定したが、このような小さな面積でデンタルプレスケールの咬合力を計測した研究は、みあたらない。

20～100Nの各荷重時のデンタルプレスケールの発色状態が加圧子Aでは、正方形、加圧子Bでは、円形をそれぞれ表し、またそれぞれの発色面積が1mm²に近似し、標準偏差も極めて小さかったことは、デンタルプレスケール上に記録された発色面積は、荷重圧に関係なく一定であり、その信頼性が極めて高いことを示している。このように、加圧子の形態を正確に再現できたことは、本研究の荷重実験が正確に行えたことを示している。

加圧子Aと加圧子Bにより表示された咬合力は、いずれの荷重時でも近似し、加圧子間にそれぞれ有意差が認められず、また加圧子A、加圧子Bともに、20～80N荷重時では、ほぼ理論値に近似したが、100N荷重では、理論値よりも小さかったことは、デンタルプレスケールシステムは、20～80Nの咬合力をほぼ正確に測定できるが、それ以上の場合には、正確に測定できないことを示しているのかもしれない。富士写真フィルム社の資料¹³⁾では、50H・Rタイプの測定範囲は、5～120MPaであり、その誤差は、±5%以内であると記載されている。

本研究の結果では、20～80N荷重における理論値との誤差は、4%以下であり、資料の記載に一致したが、100N荷重における理論値との誤差は、6～7%で大きかった。これについては、資料に記載がないので、詳細な比較をできないが、有効圧%が、20～60N荷重では、加圧子A、加圧子Bともに、いずれも100%であったものの、80N荷重では、加圧子Aが98%、加圧子Bが99%、100N荷重では、加圧子Aが96%、加圧子Bが97%で順次減少することが認められたことは、80～100Nの強い荷重圧では、正確に測定できていないことを示すものと考えられる。この有効圧%について、健常者10名の20%MVC、40%MVC、60%MVC、80%MVC、100%MVCの各クレンチング時を調べた小林ら¹²⁾が、それぞれ100.0%、99.9%、99.8%、99.6%、99.6%となり、強いクレンチング時では、有効圧%が減少すること、すなわち120MPaを超える場合があることを報告している。また、健常者25名の最大クレンチングの有効圧%を調べた中川ら¹⁴⁾は、99.0%の値を確認し、小林ら¹²⁾の報告を支持するとともに、有効圧%が100%であった被験者が全体の23.3%に過ぎず、約4分の3が測定範囲を超えたと報告している。このような実際臨床で正確に測定できていない場合の対応について、健常者20名の20%MVC～100%MVCのクレンチング時の筋活動量と咬合力を分析した小林ら¹⁵⁾は、100%MVC付近では、直線性が劣るので、デンタルプレスケールシステムによる咬合力の評価に際しては、中等度のクレンチングで記録しなければならないことを指摘している。いずれにせよ、デンタルプレスケールシステムによる咬合力の評価に際しては、強いクレンチング時の記録による誤認に注意しなければならないといえよう。

V. 結 論

デンタルプレスケールシステムで表示される咬合力の信頼性を検証する目的で、デンタルプレスケールに5種類の荷重圧を加え、デンタルプレスケールの発色状態とデンタルプレスケールシステムで表示される咬合力について分析した結果、20～80N荷重では、強さに応じた咬合力を正確に測定できるが、100N荷重では、正確に測定できないことが確認された。

文 献

- 1) 渡辺誠，服部佳功：Dental prescale 50を用いた咬合診断とその臨床応用，主に咬合力の強さを指標とした咬合診断法について，歯界展望，84：109-126，1994.
- 2) 鈴木哲也，熊谷宏，吉富信幸ほか：咬合圧測定システムの臨床応用に関する研究，口病誌，61：437-445，1994.
- 3) 山口泰彦，久恒泰宏，木村朋義ほか：デンタルプレスケールを用いた咬合接触部位の診査法に関する検討，咬頭嵌合位における咬合接触部位の検出率について，補綴誌，39：1113-1120，1995.
- 4) 松本晃治：感圧測定フィルムの歯周診査への応用，九州歯会誌，51：133-145，1997.
- 5) 野村修一，金谷貢，河野正司ほか：デンタルプレスケールを用いた前後的咬合力分布測定に関する模型実験的考察，補綴誌，41：710-718，1997.
- 6) 加藤賢吾，佐久間重光，伊藤裕ほか：咬合圧分布による咬合の評価に関する研究第3報，愛院大歯誌，36：689-693，1998.
- 7) 上田奈穂子，志賀博，小林義典ほか：プレスケールに関する臨床的研究，荷重圧の違いによる咬合力の経時的変化，歯学，86：423，1998.
- 8) 鈴木哲也，渡邊竜登美，長尾正憲ほか：感圧シートを用いた新しい咬合圧測定システムの有用性，補綴誌，38：966-973，1994.
- 9) 塩野英昭，千葉ヒルトン貞幸，五十嵐孝義ほか：「デンタルプレスケールシステム」の臨床応用に関する基礎的検討第1報咬合面積値の変動とプレスケール上にバイトシリコーン材を塗布した場合の影響について，補綴誌，39：710-716，1995.
- 10) 柿本幸男，山口六男，長澤亨ほか：デンタルプレスケール®による咬合力並びに咬合接触面積測定の信頼性，岐歯学誌，23：319-328，1996.
- 11) 服部佳功，佐藤智昭，渡辺誠：咬みしめ時の歯列における咬合力分布，顎機能誌，2：111-117，1996.
- 12) 小林延彦，志賀博，小林義典：プレスケールに関する臨床的研究，プレスケールのタイプ間の比較（その2），補綴誌，40・95回特別：155，1996.
- 13) FUJIFILM咬合力（圧）測定システムご説明資料，1-34，富士写真フィルム株式会社，東京，1999.
- 14) 中川志乃美，山口泰彦，大畑昇ほか：デンタルプレスケールを用いた咬合接触圧の測定における有効咬合率に関する検討，健常有歯顎者及び顎関節症患者について，日顎誌，13：271-276，2001.
- 15) 小林義典，志賀博，田中彰ほか：プレスケールに関する臨床的研究，クレンチングの強さと咬合力との関係，顎機能誌，3：139-146，1997.

1) 渡辺誠，服部佳功：Dental prescale 50を用いた咬合診断とその臨床応用，主に咬合力の強さを指標とし