

CAD/CAMで製作した純チタン製コーヌスクローネの 着脱回数が維持力の変化に及ぼす影響

根本 徹

Influence of the Setting and Removal Times of Konus Telescope Crowns Fabricated Using a CAD/CAM System on Retentive Force

Toru NEMOTO

The purpose of this study is to investigate the possibility of clinical application of pure titanium konus telescope crowns fabricated using a CAD/CAM system. As a CAD/CAM system, Dental Cadim (Advance Co.) was used, and as a material, exclusive pure titanium block was used in this experiment. Experimental conical dies and six different types of konus outer crowns were fabricated using Dental Cadim. The dies to simulate konus inner crowns were 6mm in height and at taper of 6 degrees. The outer crowns were different in the gap width of the inner portion of the occlusal surface and the angle of the marginal region. The outer crowns were set on the inner crown die, and 5N load was applied perpendicularly to the upper surface of the outer crowns, then the outer crowns were pulled off. This setting removal action was repeated 2000 times and the retentive force of the konus telescope crown was measured every 100 times. To measure the retentive force, the pulling out test was performed at a crosshead speed of 5mm/min.

The results were as follows:

1. After 2000 times of setting and removal, the retentive force fell to about 1/2 to 1/4 of the first retentive force, regardless of the form of outer crowns. However, the minimum retentive force was about 5 N on average.
2. The retentive force of the specimens with a marginal angle of outer crown of 20 degrees rose temporarily after 500-700 times of setting and removal.
3. Regardless of the setting and removal times, the specimens with a larger marginal angle of outer crown and a wider gap between the inner crown and the outer crown in the occlusal region had a greater retentive force.

The above results suggested that the pure titanium konus telescope crown fabricated using a CAD/CAM system can be clinically applied.

Key words : pure titanium, CAD/CAM, konus telescope crown, retentive force

緒言

近年歯科領域において、従来のロストワックス法に代わる金属加工法として、CAD/CAMによる切削加工が注目されている¹⁾。最近では計測機器や切削機器の発達により、精度も飛躍的に向上し、鋳造法に匹敵するまでになっている。一方でチタンは安価で生体親和性に優れた金属であることから、歯科臨床への応用が期待されている。難点であった加工性も、鋳造機や埋没材の発達により克服されつつある。しかし鋳造した場合に鑄巣などの鋳造欠陥が発生しやすいことや、鋳造体表面層に硬くて脆い反応層が生成されることなど、チタンの鋳造についてはまだいくつかの問題点が残されている^{2,3)}。

そこで材料学的に優れた純チタンを用い、精度の優れたCAD/CAM装置を応用することにより、部分床義歯の支台装置であるコーヌスクローネを製作できないかと考えた。コーヌスクローネは軸面の摩擦力の他に、外冠が微小変形することによるくさび効果によっても維持力が発揮されるため、鋳造法で適切な維持力を有するコーヌスクローネを製作するには、熟練した技術を必要とした。CAD/CAM装置はコンピュータ上で自由に形態を構築できるため、コーヌスクローネの製作には適していると考えられる。

我々の講座では、これまでにCAD/CAM装置で切削加工した純チタン製コーヌスクローネの維持力について実験を行ってきた。その結果、内冠のテーパーや高径、咬合面部内外冠間の間隙量といった条件設定を適切に行えば、コーヌスクローネとして適切な維持力が得られることが確認できた⁴⁾。しかしながら実際の臨床で応用するためには、適切な維持力が長期にわたって持続することが必要となる。

そこで今回、CAD/CAM装置で切削加工したコーヌスクローネの維持力の耐久性について検討することを目的に、内冠のテーパーと高径を一定とし、咬合面部内外冠間の間隙と外冠辺縁の厚さを変えた試料を製作した。この試料の着脱操作を繰り返し、コーヌスクローネの着脱回数が維持力の変化に及ぼす影響を比較、検討した。

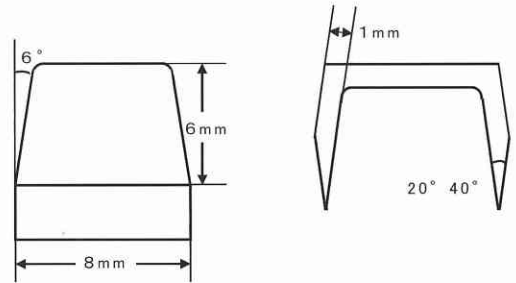


図1-1 コーヌス内外冠試料断面図

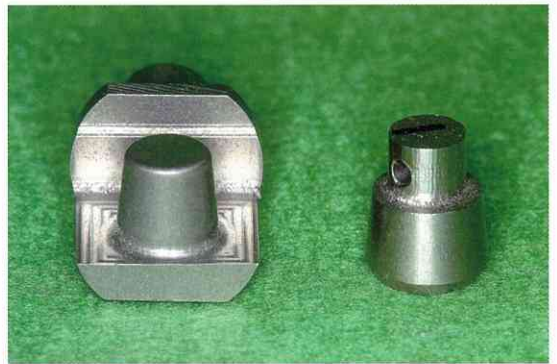


図1-2 コーヌス内外冠試料

材料と方法

1. 使用器材

実験用試料を作製するCAD/CAM装置としてデンタルCadim (アドバンス) を使用した。また材料にはこの装置専用のJIS第2種純チタンブロックを用いた。

2. 試料の製作

まずデンタルCadimを使用して純チタンブロックを切削加工し、コーヌス内冠を想定した金型を製作した。内冠の外形はこの装置のコンピュータ上で歯頸部の直径が8 mm、高さが6 mm、軸面のテーパーが6度の円錐台形となるように設定した。また軸面と咬合面が交差する線角は、1 mmの曲率半径で角を丸めた。次に同じ器具と材料を使用してコーヌス外冠を製作した。外冠内面はコンピュータ上で構築した内冠外形をそのまま使用し、咬合面部のみ内冠との間に0 μ m, 100 μ m, 200 μ mの3種類の間隙を確保するように設定した。また外冠の辺縁は角度20度と40度の2種類のナイフエッジタイプとし、軸面の厚さは1 mmとなるように切削した。



図2 コーンスクローネの維持力の測定

なお切削は粗加工と仕上げ加工の2段階とし、粗加工は直径2mmのボールエンドミルを使用したテラス加工で、回転数20000rpm、工具送り速度600mm/min、切削ピッチ0.75mm、表面オフセット0.05mm、切込み深さ0.15mmの条件とし、仕上げ加工は直径1mmのボールエンドミルを使用した放射加工で、回転数20000rpm、工具送り速度300mm/min、切削ピッチ0.1mm、表面オフセット0.0mm、切込み深さ0.0mmの条件で行った。作製したコーンス内外冠の模式図と写真を図1に示す。

完成した試料は、内冠金型のみ遠心発射型研磨装置(Grain-Slider NK, パナソニック デンタル)を用いて、衝射角度を変えながら表面を2分間研磨した。なお試料は内冠と外冠を1組とし、それぞれの条件について3組ずつの試料を製作した。

3. 維持力の測定

まず完成した内冠金型に外冠を適合させ、定加重器を用いて外冠咬合面から垂直方向に50Nの荷重を加えた後、反対方向に引き抜く着脱操作を繰り返した。この時、内冠金型に対し外冠が常に同じ位置で適合するように、辺縁部に標点を付与して行った。この操作を0回から始めて100回ごとに維持力を測定し、着脱2000回まで繰り返した。維持力の測定に当たっては、計測スタンド(M-1356, アイコーエンジニアリング)とプッシュプルゲージ(M-9520B, アイコーエンジニアリング)を用い、垂直方向に50Nの荷重を加えた後、クロスヘッドスピード5mm/minの条件で引抜き試験を行った(図2)。なお各試料とも5回即ち各条件につき15回の測定を行って平均

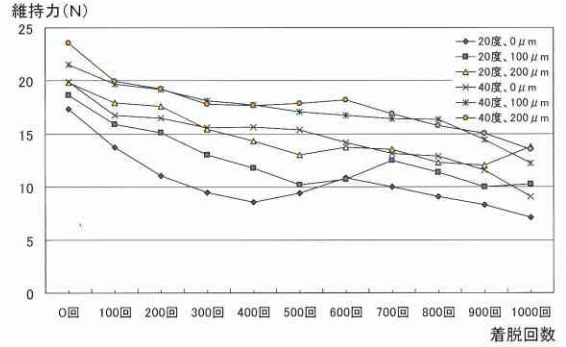


図3-1 コーンスクローネの維持力の変化 (着脱0~1000回)

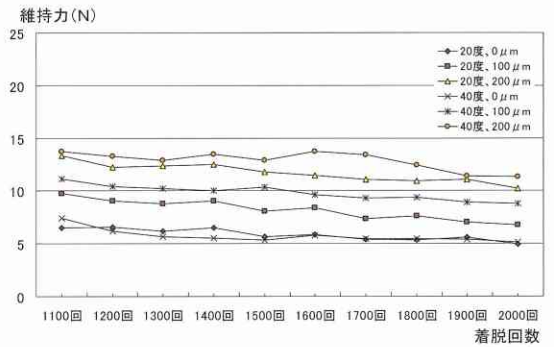


図3-2 コーンスクローネの維持力の変化 (着脱1100~2000回)

値を求めた。各条件間における維持力の差の検定は二元配置分散分析およびTukeyの多重比較により行った。

4. 断面の観察

一部試料については荷重後樹脂包埋し、精密切断機(アイソメット, ピューラー)を用いて中央部を縦に切断した後、断面を研磨し実体顕微鏡で内外冠間の様相を観察した。

結果

1. 維持力の変化

各条件で製作された純チタン製コーンスクローネの、着脱回数の増加による維持力の変化を表1および図3に示す。いずれの外冠形態も、最初の着脱0回の状態での最大の維持力を示した。その中でも外冠の辺縁角度を40度、咬合面部内外冠間の間隙量を200μmに設定した試料が23.55±3.05Nと最大の値を示し、外冠の辺縁角度を20度、

表1-1 コーヌスクローネの維持力の変化(着脱0~1000回)

(N)

	0回	100回	200回	300回	400回	500回	600回	700回	800回	900回	1000回
20°, 0 μ m (S.D.)	17.36 (1.80)	13.75 (2.22)	11.04 (0.96)	9.52 (1.33)	8.55 (1.46)	9.43 (1.13)	10.89 (1.44)	10.04 (1.34)	9.09 (0.80)	8.30 (0.69)	7.15 (1.59)
20°, 100 μ m (S.D.)	18.63 (3.05)	15.93 (2.25)	15.11 (1.59)	13.03 (1.32)	11.76 (2.48)	10.21 (2.58)	10.71 (2.66)	12.53 (1.14)	11.36 (1.72)	10.00 (3.22)	10.27 (2.28)
20°, 200 μ m (S.D.)	19.82 (3.20)	17.93 (2.79)	17.60 (1.20)	15.45 (1.39)	14.33 (1.76)	12.99 (2.35)	13.72 (3.03)	13.57 (2.48)	12.31 (2.05)	12.07 (3.88)	13.81 (2.00)
40°, 0 μ m (S.D.)	19.88 (4.21)	16.77 (3.65)	16.50 (3.66)	15.56 (3.39)	15.61 (2.95)	15.37 (3.12)	14.19 (3.61)	13.13 (2.55)	12.92 (2.98)	11.61 (1.93)	9.13 (1.78)
40°, 100 μ m (S.D.)	21.53 (4.37)	19.68 (3.37)	19.19 (2.07)	18.10 (1.64)	17.72 (1.42)	17.05 (1.18)	16.73 (1.03)	16.43 (0.84)	16.36 (1.21)	14.44 (1.24)	12.22 (2.57)
40°, 200 μ m (S.D.)	23.55 (3.05)	19.99 (4.41)	19.25 (3.62)	17.79 (3.42)	17.70 (2.18)	17.85 (1.89)	18.22 (0.65)	16.91 (1.42)	15.77 (0.95)	15.05 (1.27)	13.56 (1.38)

表1-2 コーヌスクローネの維持力の変化(着脱1100~2000回)

(N)

	1100回	1200回	1300回	1400回	1500回	1600回	1700回	1800回	1900回	2000回
20°, 0 μ m (S.D.)	6.53 (2.06)	6.57 (1.86)	6.17 (1.76)	6.54 (1.80)	5.69 (1.59)	5.88 (1.51)	5.37 (1.63)	5.33 (1.58)	5.59 (1.09)	4.98 (1.48)
20°, 100 μ m (S.D.)	9.77 (1.72)	9.03 (1.90)	8.80 (1.41)	9.07 (1.50)	8.05 (1.55)	8.41 (1.26)	7.37 (1.92)	7.65 (2.09)	7.03 (0.87)	6.79 (1.16)
20°, 200 μ m (S.D.)	13.35 (2.79)	12.21 (3.69)	12.36 (2.41)	12.48 (1.00)	11.81 (3.15)	11.48 (3.03)	11.05 (3.04)	10.92 (3.22)	11.1 (2.56)	10.23 (3.03)
40°, 0 μ m (S.D.)	7.43 (1.34)	6.15 (1.03)	5.64 (1.26)	5.54 (1.30)	5.35 (0.94)	5.77 (0.72)	5.50 (1.09)	5.46 (1.29)	5.43 (0.96)	5.14 (0.70)
40°, 100 μ m (S.D.)	11.15 (2.30)	10.43 (3.17)	10.21 (3.50)	10.03 (3.25)	10.32 (3.49)	9.62 (3.22)	9.31 (2.28)	9.36 (2.59)	8.91 (1.65)	8.82 (1.87)
40°, 200 μ m (S.D.)	13.71 (2.81)	13.26 (3.05)	12.90 (3.83)	13.45 (3.91)	12.89 (3.60)	13.75 (3.40)	13.39 (3.96)	12.43 (3.61)	11.37 (2.43)	11.31 (2.02)

表2-1 着脱0回後の二元配置分散分析結果

データ設定

	B 1	B 2	B 3
A 1	20°, 0 μ m	20°, 100 μ m	20°, 200 μ m
A 2	40°, 0 μ m	40°, 100 μ m	40°, 200 μ m

要因	平方和	自由度	分散	分散比	危険率
因子A (辺縁角度)	209.459	1	209.459	18.250**	p<0.0001
因子B (間隙量)	141.184	2	70.592	6.151**	p=0.0032
A×B	5.778	2	2.889	0.252	p=0.7781

交互作用無し

Tukeyの多重比較

** : p<0.01で有意差有り, - : 有意差無し

A 1 vs. A 2 : **

B 1 vs. B 2 : -

B 1 vs. B 3 : **

B 2 vs. B 3 : -

表2-2 着脱1000回後の二元配置分散分析結果

要因	平方和	自由度	分散	分散比	危険率
因子A (辺縁角度)	33.856	1	33.856	8.676**	p=0.0042
因子B (間隙量)	464.238	2	232.119	59.482**	p<0.0001
A×B	24.645	2	12.322	3.158*	p=0.0476

p<0.05 で交互作用有り

Tukeyの多重比較

	20° 0 μm	20° 100 μm	20° 200 μm	40° 0 μm	40° 100 μm
20° 100 μm	**				
20° 200 μm	**	**			
40° 0 μm	—	—	**		
40° 100 μm	**	—	—	**	
40° 200 μm	**	**	—	**	—

** : p<0.01 で有意差有り, — : 有意差無し

表2-3 着脱2000回後の二元配置分散分析結果

要因	平方和	自由度	分散	分散比	危険率
因子A (辺縁角度)	26.787	1	26.787	7.752**	p=0.0066
因子B (間隙量)	489.890	2	244.945	70.883**	p<0.0001
A×B	13.162	2	6.581	1.904	p=0.1553

交互作用無し

Tukeyの多重比較

** : p<0.01で有意差有り, — : 有意差無し

A 1 vs. A 2 : **

B 1 vs. B 2 : **

B 1 vs. B 3 : **

B 2 vs. B 3 : **

咬合面部内外冠間の間隙量を0 μmに設定した試料が17.36±1.80Nと最小の値であった。

維持力は着脱回数が増えるに従って減少する傾向を示し、着脱2000回後では試料によって異なるものの、最初の維持力に比較すると1/2～1/4にまで減少した。着脱2000回後の維持力は、やはり外冠の辺縁角度を40度、咬合面部内外冠間の間隙量を200 μmに設定した試料が11.31±2.02Nと最大の値を保ち、外冠の辺縁角度を20度、咬合面部内外冠間の間隙量を0 μmに設定した試料が4.98±1.48Nと最小の値であった。

また維持力の変化についてももう少し詳しく見てみると、初期の着脱300回前後まで維持力が急激に低下するが、辺縁角度が20度の試料は、着脱500～700回付近で逆に一度維持力が増加する傾

向が認められた。また着脱回数が1000回を越えると、維持力の低下は緩やかになり、特に咬合面部内外冠間の間隙量を0 μmに設定した試料では、5～7Nとほとんど一定の値となった。

着脱0回、1000回および2000回後の維持力について、外冠の辺縁角度と咬合面部内外冠間の間隙量を要因とする二元配置分散分析およびTukeyの多重比較を行った結果を表2に示す。いずれの着脱回数後でも、二つの因子どちらについても危険率1%以下で有意性が認められ、外冠の辺縁角度が大きい方が、また咬合面部内外冠間の間隙量が多い方が大きな維持力を示した。また着脱回数1000回後では、危険率5%以下でこの二つの因子の交互作用も認められた。

2. 切断面の観察



図4-1 着脱2000回後の試料断面
(20°, 0 μm)



図4-2 着脱2000回後の試料断面
(40°, 200 μm)

着脱2000回後の試料で荷重を加えた後に樹脂包埋し、中央部で切断した断面像の一例を図4に示す。図4-1は、辺縁角度を20度、咬合面部内外冠間の間隙量を0 μmに設定した試料で、この時点での維持力は3.8Nであった。軸面部は内外冠がほぼ隙間なく密着していたが、咬合面部は内外冠の間に約150 μmの間隙が認められた。しかし咬合面と軸面が交差する隅角部では、一部内冠と外冠が接触している像が観察された。

図4-2は、辺縁角度を40度、咬合面部内外冠間の間隙量を200 μmに設定した試料で、この時点での維持力は12.4Nであった。図4-1と同様軸面部は内外冠がほぼ隙間なく密着していたが、咬合面部内外冠間には約250 μmの間隙が認められた。

考 察

コーヌスクローネは部分床義歯の支台装置として応用されているが、維持力の調整が難しい。コーヌスクローネの維持力は、通常のシリンダー型テレスコープクラウンのように摩擦力だけに頼るのではなく、内冠に適合した外冠が沈み込んだ時に微小変形を起こし、くさび効果が生じることによって発揮される⁹⁾。したがって最初から内冠咬合面と外冠内面が接触していると、くさび効果が得られず十分な維持力は発揮されないことになる。コーヌス内外冠は通常鑄造法で製作されるため、従来は外冠のパターンを埋没する際に、術者が埋没材の混水比を変えるなどして膨張量を微妙に調節し、咬合面部内外冠の間に適切な間隙を確保していた。

近年歯科領域においても、従来のロストワックス法に変わる金属加工法として、CAD/CAM装置による切削加工が注目されるようになってきた。チタンは耐食性や生体親和性に優れるだけでなく、安価でもあるためCAD/CAM装置による切削加工には適した材料であると考えられる。そこでCAD/CAM装置とチタンそれぞれの特徴を生かす方法として、純チタン製コーヌスクローネをCAD/CAM装置により切削加工して製作することを考えた。

1. 実験方法について

コーヌスクローネの維持力には、内冠の幅径、高径、軸面テーパ、表面粗さ、外冠の適合度、厚さや辺縁形態、咬合面部内外冠間の間隙、外冠に加える荷重量など多くの因子が影響している。内冠の形態を変えた場合の維持力の違いについては、これまでいくつかの研究がなされている⁶⁻¹⁰⁾。

また口腔内に装着されたコーヌステレスコープ義歯の長期にわたる予後についてもいくつかの報告がなされており、概ね良好な結果が得られている¹¹⁻¹⁴⁾。しかしながらコーヌスクローネの着脱回数が増加が、維持力にどのような影響を及ぼすか実験的に検討した研究は少ない⁶⁾。実際の臨床においては、長期間使用されたコーヌステレスコープ義歯が、維持力の低下により外れ易くなっている症例にしばしば遭遇する。

そこで今回の実験では、CAD/CAM装置を用いることによりできるだけ一定の条件でコーヌス内外冠を作製し、2000回まで着脱を繰り返すことにより、コーヌスクローネとしての維持力がどのように変化するか検討した。条件設定については、維持力に影響を及ぼす因子のうち外冠の形態の違いに焦点を絞り、内冠は臼歯部の支台歯を想定して歯頸部の直径を8mmとした円錐台形とし、高径は臨床的に頻度が高いと思われる6mm、軸面テーパはコーヌスクローネの基本である6度に固定した。

コーヌスクローネを支台装置とする部分床義歯を口腔内に装着した場合には、咬合面側から荷重を加えることによって外冠が沈み込み維持力が発揮される。この時の圧力が大きければ外冠の変形も大きくなり、コーヌスクローネの維持力も増加することが報告されている。

実際に食物を咀嚼した場合には、どの程度の圧力が義歯に加わっているのでしょうか。咀嚼時の咬合力は食品の性状によって異なるが、三浦らには有歯顎者で平均約8.0kgであったと述べている¹⁵⁾。また森川は有歯顎者の第一大臼歯部で測定した結果、平均12.2kgfであったと報告している¹⁶⁾。一方渡辺は全部床義歯装着者の咀嚼時咬合力を測定した結果、第二小白歯部で15.0～38.0Nであったと述べている¹⁷⁾。またDe Boeverらは2歯連続欠損症例に実験用可撤性ブリッジを製作して食物咀嚼時の咬合力を調べた結果、平均2.38～4.94ポンドであったと報告している¹⁸⁾。

これらの報告からすると、有歯顎者に比較して義歯装着者の咀嚼時咬合力は低いようである。コーヌスクローネは部分床義歯の支台装置であり、今回の実験ではこれらの咀嚼時咬合力の値を参考にし、繰り返し荷重の値を50Nに設定した。

2. 実験結果について

コーヌスクローネの適切な維持力は、一支台装置あたり5～9N程度とされている⁵⁾。今回の設定条件で作製したコーヌスクローネは、着脱回数0回ではすべて17N以上の大きな維持力を示した。内冠試料は切削加工後、遠心発射型研磨装置により表面を研磨しており、嶋倉ら¹⁹⁾の報告によればこれによる表面の磨耗量は約10 μ mと推定さ

れる。したがって咬合面部内外冠間の間隙量を0 μ mに設定した試料では、理論的には内冠咬合面と外冠内面が接触して、維持力はほとんど発揮されないはずである。それにもかかわらず大きな値を示したことは、CAD/CAM装置の加工誤差により、試料の形態が微妙に変形した可能性が考えられる。

CAD/CAM装置の加工精度について太田らは、本実験と同じデンタルCadimを使用して、純チタンクラウンの適合精度を調べており、セメント被膜厚さは、マージン部で51.6 \pm 28.1 μ mまで薄くすることができたと報告している²⁰⁾。しかしこの実験では、まず支台歯原型からクラウンのレジンパターンを作製し、それを計測したデータを1.0%拡大して切削加工している。また完成したクラウンもセメント合着を行った後、切断してその被膜厚さを測っているため、この値を純粋な加工誤差と判断するのは無理がある。一方伊藤らはやはりデンタルCadimを使用して、支台歯原型を計測したデータをもとに、ブロックを同じ形態に切削加工した後、三次元座標測定システムで計測することにより加工精度を求めている。その結果、純チタンでは平均8.3 μ mと高い水準であったと述べている²¹⁾。

今回の実験では、外形データはすべてコンピュータ上で設定しており、計測による誤差は無いと判断できるため、加工時の誤差だけが影響したものと考えられる。したがって内冠金型のような厚い形態を切削加工する場合には、極めて高い加工精度が期待できる。しかし外冠を切削加工する場合には、切削時のボールエンドミルの接触圧により、辺縁部や軸面部などの薄い部分がたわんで微妙に変形した可能性が考えられる。

実際に着脱を繰り返した試料を観察すると、初期においては内外冠とも歯頸部付近のみに金属の光沢が現れることが多く、しかも外冠の辺縁角度を20度に設定した試料で顕著であった。このことからCAD/CAMによる切削加工の誤差が、外冠の歯頸部付近に大きく現れ、特に辺縁角度を薄い20度に設定した試料でその影響が大きかったことがうかがわれる。したがって外冠試料を内冠金型に適合させた時に、最初は歯頸部だけが接

触して荷重により大きく変形し、結果として維持力も大きくなったのではないかと考えられる。

着脱回数が増加するにしたがって、維持力は減少する傾向を示したが、辺縁角度20度の試料では、着脱500回～700回付近で一度維持力が増加している。これは最初歯頸部付近だけで強く接触していた内外冠が、着脱を繰り返すことにより摩耗し、摩擦力が低下して途中までは維持力が減少したものと考えられる。しかしながらある程度歯頸部付近が摩耗してくると、今度は軸面での接触面積が増加し、くさび効果もいろいろな方向に発揮されるようになって、維持力が一時的に増加に転じたものと推察される。

その後着脱2000回まで徐々に維持力は低下した。この理由として、まず試料内外冠軸面の接触部位や接触面積が着脱の繰り返しによって変化したことが考えられる。すなわち最初辺縁部付近だけで接触していたものが、摩耗により次第に軸面の上部で接触するようになったこと、また摩擦を繰り返すことにより金属表面が加工効果を起こし、部分的に硬くなったことなどが推測される。これらのことは結果として外冠が変形しにくくなることに繋がり、くさび効果を低下させる一因となったのではないかと推察される。

さらに咬合面内外冠間の間隙量を少なく設定した試料では、荷重により咬合面の一部が接触するようになり、くさび効果が十分発揮できなくなったことも考えられる。実際に着脱2000回後の試料を加重後切断して観察したところ、維持力が低下した試料では、軸面と咬合面の隅角部で内外冠が一部接触しているのが観察された。外冠内面の隅角部は直径1mmのボールエンドミルで仕上げ加工を行っているが、この直径以上に細かな部分は理論的にも再現できないことから、加工誤差が出やすい部分である。このことが内冠隅角部と接触するようになった一因ではないかと考えられ、結果として維持力が低下したのではないかと推察される。

小岸はコーヌスクローネの着脱回数による維持力の変化について、1000回まで測定した結果、維持力の低下はわずかであったと報告している⁶⁾。また途中維持力が増減するのは、着脱により内冠

と外冠の接触部位が変化し、接触量が微妙に変化するためではないかと述べている。今回の結果とやや異なるのは、試料の作製方法の他に使用材料も異なることが一因ではないかと考えられる。小岸は外冠試料を白金加金で鍛造して作製している。今回の実験で使用したJIS第2種純チタンは、金合金と比較すると硬さは類似しているものの伸びは小さい。したがって同じ荷重が加わった時でも変形しにくいことが予測される、つまり外冠内面と内冠の接触が辺縁部付近だけに限局される時には、小さな荷重でも外冠は変形してくさび効果が現れたものと考えられる。しかし次第に接触部位が増加してくると同じ荷重では金合金よりも変形しにくくなるため、着脱回数の増加による維持力の低下も相対的に大きくなったのではないかと推察される。

外冠の形態の違いによる維持力を見てみると、辺縁角度40度の試料が辺縁角度20度の試料より大きな値を示す傾向が見られた。この結果は外冠の内径が同じ場合、辺縁の厚い方が維持力は大きくなるという川崎らの報告と同様である。川崎らは辺縁が厚い外冠は荷重を加えても辺縁部が押し広げられにくく、内冠頂部が外冠と接触しないために維持力が大きくなると述べている²²⁾。今回の実験ではCAD/CAMを使用しているため、試料の製作方法が異なるが、咬合面部内外冠間に200 μ mという比較的大きな間隙を設定しても、外冠の辺縁角度の大きい方が維持力も大きかった。この詳細な理由については不明であるが、コーヌスクローネの維持力に影響を与える因子の一つとして外冠の適合度が挙げられる。前述のように、CAD/CAMによる加工誤差は辺縁角度の大きい試料の方が少ないと思われるので、維持力が大きくなった一因ではないかと推測される。

また着脱回数に関わらず、咬合面部内外冠間の間隙量を多く設定した試料が大きな維持力を示した。一定量以上の間隙があれば、同じ荷重を加えた場合には、維持力も同じ程度になるとも考えられる。それにもかかわらず維持力に差が出た原因の詳細については不明であるが、この部分の間隙量によって、外冠の沈み込む量すなわち変形する量が微妙に異なって、くさび効果に差が生じた可

能性もある。このことについては、設定条件を変えて更に検討する必要があるだろう。

結 論

CAD/CAM装置により製作した純チタン製コーヌスクローネについて、2000回まで着脱を繰り返して維持力の変化を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 今回の条件で製作したコーヌスクローネの維持力は、いずれの外冠形態も着脱2000回後では最初の維持力の約1/2～1/4にまで低下した。

2. 着脱2000回後の維持力は、今回の設定条件では最も低い値を示した試料でも平均約5Nであった。

3. 外冠の辺縁角度を20度に設定した試料では、着脱500～700回後で一度維持力が上昇する傾向が認められた。

4. 着脱回数にかかわらず、外冠の辺縁角度の大きい試料が、また咬合面部内外冠間の間隙量が多い試料が維持力も大きい傾向を示した。

5. 着脱2000回後の試料でも咬合面部では内外冠間に間隙が認められたが、維持力が低下した試料では、軸面との隅角部で内外冠が接触している像も一部認められた。

以上の結果より、条件設定をうまく行うことにより、CAD/CAMで製作した純チタン製コーヌスクローネは臨床応用可能なことが示唆された。

稿を終えるにあたり、終始御懇切な御指導と御校閲を賜りました奥羽大学大学院歯学研究科嶋倉道郎教授に深甚なる感謝の意を捧げます。また研究にご協力いただきました歯科補綴学講座の先生方に深謝致します。

文 献

- 1) 内山洋一：歯科医療にとって必須のCAD/CAMシステム —開発の経緯と現状および将来展望—。補綴誌 45；381-396 2001。
- 2) 玉置幸道，宮崎 隆：チタン鑄造の問題点。補綴誌 42；528-539 1998。
- 3) 渡辺孝一：歯科チタン鑄造の現状と問題点。QDT別冊 チタンの歯科技工Part 2；38-50 2002。
- 4) Shimakura, M., Nagata, T., Takeuchi, M. and Nemoto, T. : Retentive force of pure titanium

- konus telescope crown using a CAD/CAM system. Dent Mater J 27；211-215 2008。
- 5) Koerber, K. H. : Konuskronen. Heiderberg, A Huethig Verlag GmbH 64-90 1983。
- 6) 小岸和澄：コーヌスクローネの維持力に関する実験的研究。鶴見歯学 10；169-182 1984。
- 7) 長田博史：コーヌスクローネの維持力に関する研究 内冠の形態が維持力に及ぼす影響について。歯学 77；571-597 1989。
- 8) 城戸寛史，守川雅男，竹屋克昭，千草隆治ほか：コーヌス冠の維持力に関する基礎的研究（第1報）内冠の形態が維持力に及ぼす影響 補綴誌 37；256-260 1993。
- 9) 木山美和子，芝 燁彦：コーヌスクローネの維持力に関する研究（第1報）製作材料の違い コーヌス角，高径，荷重量と維持力との関係について。補綴誌 38；1252-1264 1994。
- 10) 小六英斗，塚崎弘明，丸谷善彦，大森 悠ほか：コーヌスクローネの維持力に関する研究 一外冠の厚み，使用金属の変化と維持力との関係について—。昭歯誌 24；160-171 2004。
- 11) Gernet, W., Adam, P. and Reiter, W. : Nachuntersuchungen von Teilprothesen mit Konuskronen nach K.H.Koerber. Dtsch Zahnärztl Z 38；998-1001 1983。
- 12) 後藤忠正，五十嵐順正：コーヌステレスコープの長期経過 第1報 長期経過の調査。補綴誌 39；688-695 1995。
- 13) 後藤忠正，五十嵐順正：コーヌステレスコープの長期経過 第2報 臨床例の長期経過。補綴誌 39；816-824 1995。
- 14) Bergman, B., Ericson, A. and Molin, M. : Long-Term Clinical Results after Treatment with Conical Crown-Retained Dentures. Int J Prosthodont 9；533-538 1996。
- 15) 三浦不二夫，角田正明：咬合圧（咀嚼圧）に関する研究 日歯医師会誌 7；293-298 1954。
- 16) 森川昭彦：下顎第一大臼歯における機能時の咬合力に関する研究。口病誌 61；250-274 1994。
- 17) 渡邊竜登美：全部床義歯咀嚼時咬合力に関する研究。口病誌 57；16-31 1990。
- 18) De Boever, J. A., McCall, W. D., Holden, S. and Ash, M. M. : Functional occlusal forces : An investigation by telemetry. J Prosthet Dent 40；326-333 1978。
- 19) 嶋倉道郎，末永弘卓，佐々康仁，吉田展也：Grain-Slider NKによる純チタン鑄造体反応層の除去効果。奥羽大歯誌 27；163-166 2000。
- 20) 太田 亮，丸谷善彦，芝 燁彦，鈴木 潔ほか：CAD/CAMシステムを用いて製作した純チタンクラウンの内面適合性について。昭歯誌 24；172-178 2004。
- 21) 伊藤道博，新谷明喜，横塚繁雄：各種歯冠修復用被削材を用いたCAD/CAMの加工精度。補

- 綴誌 43 ; 614-625 1999.
- 22) 川崎貴生, 山田 亨, 沢田勝範: コーヌスクローネの維持力と外冠の変形について. 歯界展望 64 ; 83-89 1984.

著者への連絡先: 根本 徹, (〒373-0041)群馬県太田市別所町465

Reprint requests : Toru NEMOTO, 465, Besshomachi Ohta, Gunma, 373-0041, Japan