

原 著

歯科用ジルコニアの大連結子への応用
(第1報) 最大荷重, 変形量における厚みの影響

眞岡 知史¹⁾ 岩堀 正俊¹⁾ 後藤 隆泰²⁾ 渡邊 一弘¹⁾
東野 嘉文¹⁾ 今津 英文¹⁾ 都尾 元宣¹⁾

Application of Dental Zirconia to Major Connector

SANAOKA SATOSHI¹⁾, IWAHORI MASATOSHI¹⁾, GOTO TAKAYASU²⁾, WATANABE KAZUHIRO¹⁾,
HIGASHINO YOSHIFUMI¹⁾, IMADU HIDEFUMI¹⁾ and MIYAO MOTONOBU¹⁾

大連結子の具備条件は, 強固でたわまない事であり, 現在は金属が用いられている. 一方, 歯科用ジルコニアは高い生体親和性, 審美性を有し, 高強度であるため, プリッジの臨床に導入されている. そこで本研究では, イットリア添加部分安定化ジルコニア (ZR-Y, Y-TZP) とコバルト・クロム合金の4点曲げ試験における最大荷重と最大荷重時の変形量の比較, 検討を行った. ZR-Yは変形量は小さいものの, 最大荷重が著しく小さかった. Y-TZPはコバルト・クロム合金と同等の最大荷重を示し, 変形量は小さかった. そのためY-TZPでは従来の金属と同様に大連結子に应用できることが示唆された.

キーワード: ジルコニア, 4点曲げ, 大連結子

Recently, dental zirconia with highly biocompatible properties, a favorable esthetic appearance and reduced allergenic potential have been introduced and used in clinical dental treatment. This study investigated the application of zirconia as a major connector. The relationships between load and flexibility of both yttria-stabilized zirconia (Y-TZP) and cobalt-chrome (Co-Cr) were examined using a four-point bending test. As a result, Y-TZP showed an equal maximum load but less flexibility than Co-Cr.

ZR-Y (define) showed limited flexibility, and the maximum load was small. It is suggested that Y-TZP is available for application as a major connector the same as conventional metals.

Key words: Zirconia, four-point bending, major connector

緒 言

大連結子は左右の床または維持装置を連結する装置で, 強固でたわまないことが具備条件とされている. そのためコバルト・クロムやチタン等の金属が多く用いられている. 最近, 強度, 審美あるいは, レアメタル等の環境保護の観点からも歯科補綴材料には金属を用いない「メタルフリー」の治療に移行してきている¹⁻²⁾. そのために生体親和性材料として陶材が歯冠

補綴に使用されてきたが, 強度的な問題により架工義歯の製作は行われなかった. しかし, 最近では従来の陶材よりも高強度, 高靱性で, すぐれた生体親和性を有しているジルコニアを, ロングスパンブリッジのフレームに応用されている³⁻⁶⁾. 今回, 我々は4点曲げ法を用いて, 試料の厚さを変えた場合の最大荷重の変化, および荷重時の変形量を測定することにより, 部分床義歯の大連結子に, 金属に代わって, ジルコニアを応用するための基礎的検討を行ったので報告する.

¹⁾朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野

²⁾朝日大学歯学部物理学教室
501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851

¹⁾Department of Prosthodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation

²⁾Department of Physics

Asahi University School of Dentistry
Hozumi 1851, Mizuho, Gifu 501-0296, Japan
(平成22年3月11日受理)

実験方法

I. 実験材料

材料には、イットリアを添加した部分安定化ジルコニアであるジルコニア多結晶体 [ニッカドー製：ZR-Y (以下 ZR-Y)，東ソー製：Y-TZP (以下 Y-TZP)] を用いた (表1)。

ZR-Yは押し出し成形後、焼成を行ったものである。

Y-TZPは成形圧力1300kg/cm²にて成形し焼結温度1500℃で2時間焼成を行ったものである。

試料は、大連結子を想定し、幅4mm、長さ70mm、厚さ1mm、1.5mm、2mmの3種類 (図1) のサイズに作製した。比較対象としての歯科鑄造用コバルト・クロム合金 (松風製、COBALTAN、以下 Co-Cr) については通法に従いワックスアップ、埋没、鑄造を行った。Co-Crについても同サイズの試料を作製し、実験に供した。なお、試料はすべて5個とした。

II. 測定方法

測定は、4点曲げ法により、万能試験機 (島津製作所製、EZ Graph (図2)) を用いて行った。

測定条件は、大連結子への荷重を想定し、上部スパン10mmおよび下部スパン50mm、クロスヘッドスピード0.1mm/minで行った。最大荷重と最大荷重時の変形量を計測した。

ZR-Y、Y-TZPについては、破断面をSEM (日立社製、S-4500) にて観察した。

表1 実験に使用した材料

素材	製造会社	略名
Yttria Stabilized Zirconia	ニッカドー製	ZR-Y
TZ-3YSB-E	東ソー製	Y-TZP
コバルト・クロム合金	松風製	Co-Cr

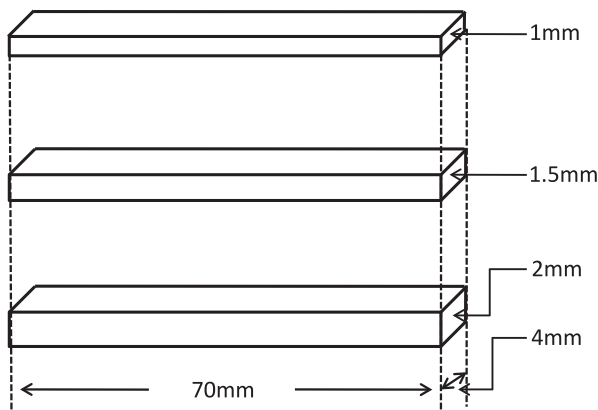


図1 試料の形態



図2 万能試験機 (EZ Graph)

III. 統計処理

統計分析にSPSS (SPSS社製、Ver. 10) を用いた。

ZR-Y、Y-TZP、Co-Crについて、得られた値に差がありすぎるためKruskal Wallis検定を行い、主効果を認めたものにUtestを行った。Utestにおいて有意差を認めたもの (ZR-Y×Y-TZP、ZR-Y×Co-Cr) に関しては比較することが困難であるため、Y-TZP、Co-Crについては、反復測定の2元配置の分散分析を行った。危険率は5%未満をもって有意差ありとした。さらに、分散分析で有意であった要因については多重比較Tukey法を用いた。

結果

1. 4点曲げ試験

a) 最大荷重

ZR-Yにおいて、厚さ1mmの試料の最大荷重の平均値は9N、1.5mmでは18N、2mmでは35Nとなった。

Y-TZPでは、厚さ1mmでは82N、1.5mmでは191N、2mmでは322Nとなった。

対照としたCo-Crでは、厚さ1mmでは75N、1.5mmでは191N、2mmでは333Nとなった。

ZR-YおよびY-TZPでは最大荷重で破断し、Co-Crは破断することなく変形した。また、最大荷重は試料の厚みを増すにつれて増加した (図3)。

ZR-Yの最大荷重がY-TZP、Co-Crと比べて著しく小さかったため、厚さ1mm、1.5mm、2mm、それぞれの値に対して、Kruskal Wallis検定を行ったところ主効果を認めた。そこで、各材料に対してUtestを行ったところ、ZR-Y×Y-TZP、ZR-Y×Co-Crに有意

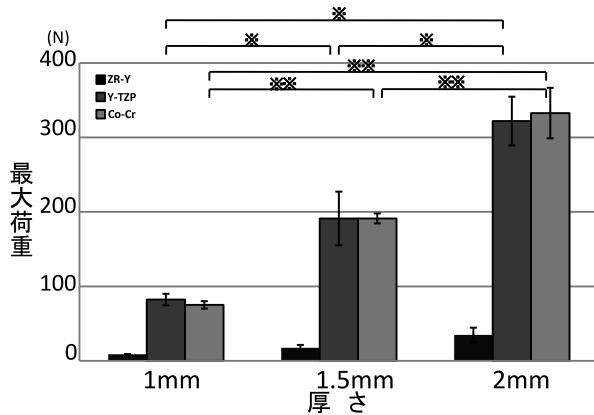


図3 四点曲げ試験における最大荷重
 ※P<0.05 (Y-TZP: ONEWAY+Tukey)
 ※※P<0.05 (CO-Cr: ONEWAY+Tukey)

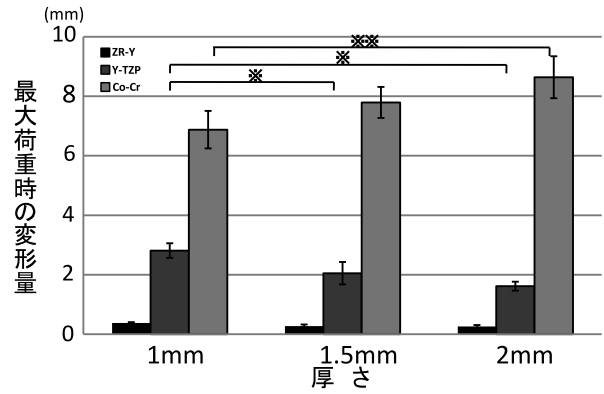


図4 四点曲げ試験における最大荷重時の変形量
 ※P<0.05 (Y-TZP: ONEWAY+Tukey)
 ※※P<0.05 (CO-Cr: ONEWAY+Tukey)

差を認めた。このことから、ZR-YとY-TZP、Co-Crの二つを比較することが困難であると考えられたため、区別して統計処理を行った。

Y-TZPとCo-Crの最大荷重について、2元配置分散分析(試料×厚さ)を行い、厚さについて主効果を認めたので、Y-TZPとCo-Crそれぞれについて1元配置分散分析を行ったところ、厚さの主効果を認めた。

そこで、Y-TZPでは、Tukey法による多重比較を行ったところ、1mm×1.5mm、1mm×2mm、1.5mm×2mm、において有意差を認めた。

Co-Crでも、Tukey法による多重比較により、1mm×1.5mm、1mm×2mm、1.5mm×2mm、において有意差を認めた。

b) 最大荷重時の変形量

ZR-Yにおいて、厚さ1mmは0.38mm、1.5mmでは0.28mm、2mmでは0.26mmとなった。

Y-TZPでは、厚さ1mmは2.81mm、1.5mmでは2.05mm、2mmでは1.62mmとなった。

対称としたCo-Crでは、厚さ1mmは6.88mm、1.5mmでは7.79mm、2mmでは8.64mmとなった。

ZR-YやY-TZPは厚みが増すにつれて変形量は少なくなり、Co-Crでは厚みが増すにつれて大きくなった。また、ZR-Y、Y-TZP、Co-Crの順に変形量が大きくなった(図4)。

ZR-Yの最大荷重時の変形量がY-TZP、Co-Crと比べて著しく小さかったため、最大荷重と同じ処理を行った。その結果、ZR-YとY-TZP、Co-Crの二つを比較することが困難であると考えられたため、区別して統計処理を行った。

Y-TZPとCo-Crの変形量について、2元配置分散分析(試料×厚さ)を行ったところ試料において主効

果を認めた。

また、Y-TZPとCo-Crそれぞれについて1元配置分散分析を行ったところ厚さの主効果を認めた。そこで、Y-TZPでは、Tukey法による多重比較を行ったところ、1mm×1.5mm、1mm×2mm、において有意差を認めた。Co-Crでも、Tukey法による多重比較により、1mm×2mm、において有意差を認めた。

図5-7にZR-Y、Y-TZPおよびCo-Crの荷重と変形量の関係を示した。ZR-YおよびY-TZPでは破断するまで変形量とほぼ正比例して荷重が大きくなったが、Co-Crでは変形量が1.5mmを超える前に永久ひずみが見られたような曲線を描いた。

2. 破断面の観察

4点曲げ試験後のZR-Y、Y-TZP破断面の代表的なSEM像を図8、9に示した。

ZR-Yでは粒子の大きさは約10umであり、1um以上の空隙があった。

Y-TZPでは粒子の大きさは約0.5umであり、空隙は見当たらなかった。

考 察

局部床義歯において大連結子は必要不可欠な構成要素であり、強固でたわまない事が具備条件である。現在は大連結子の負担に耐えられる強度を有する材料としてCo-Crやチタン等の金属が使用されている。しかし、口腔内で金属がアレルギーとなる症例では使用できないことや、生体親和性の高い材料を希望する患者も増加している。クラウンには、生体親和性が高い材料としてセラミックスが使用されており、金属アレルギーの患者にも適応可能である⁷⁾が、従来のセラミックスではロングスパンの補綴には耐えられないとされている。ジルコニアは機械や材料のコストがかかるため、現時点では他の補綴物に比べて高価である。また、

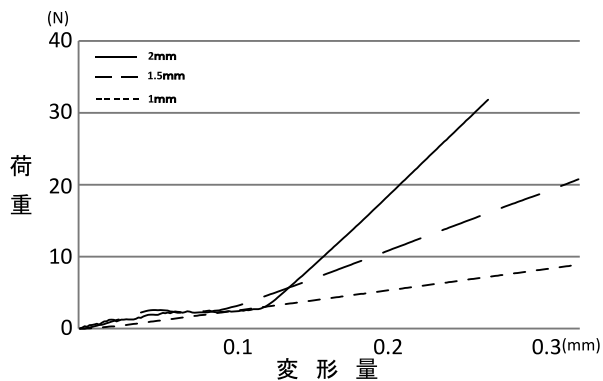


図5 ZR-Yにおける荷重と変形量の関係

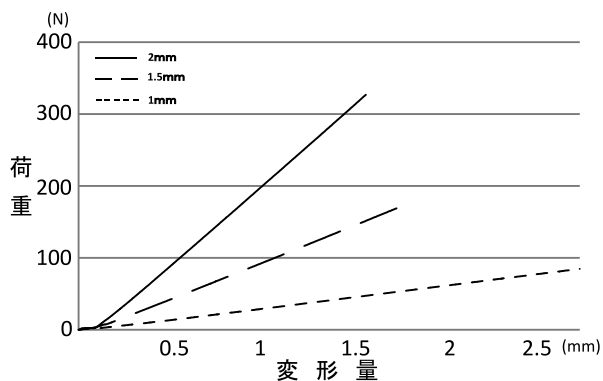


図6 Y-TZPにおける荷重と変形量の関係

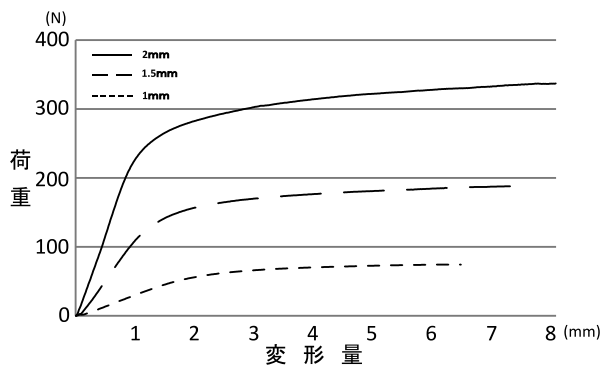


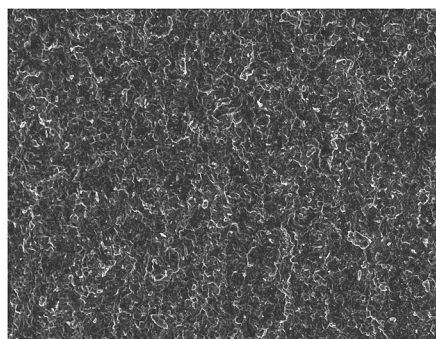
図7 Co-Crにおける荷重と変形量の関係

ブロックを削り出すため、削り出し後の修正が難しく、形態、適合性について慎重に確認する必要があるという短所もある¹⁰⁾。しかしながら、従来のセラミックスよりも高強度、高靱性⁸⁾で、すぐれた生体親和性を有しており、ロングスパンのブリッジのフレームへ応用が可能とされている⁹⁾。ブリッジに関するジルコニアの強度についての報告は多くなされているが、パーシャルデンチャーの大連結子を想定した報告はまだない。そこで今回、現在臨床において最も使用されているイットリア添加型部分安定化ジルコニアを用いて、大連結子を想定したジルコニアの強度試験を行った。

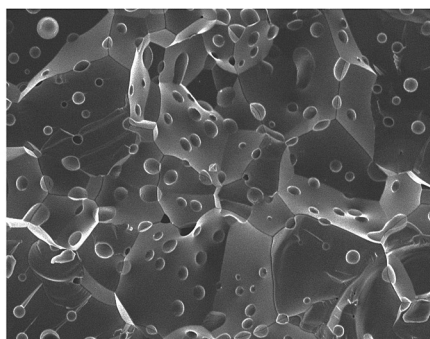
本研究では、大連結子として、パラタルバーを想定した。バーの形態は幅径がおよそ3 mm～7 mm、厚径が2 mm～3 mmとすることが多く、幅径が3 mmのコバルトクロム合金製のバーの場合、厚径が1.5 mm以上で必要な強度を得られる¹¹⁾とあるが、通常は幅径4 mm～6 mm、1 mm～1.5 mmのバーを用いることが多い^{11,12)}。そこで、試料のサイズは幅径4 mm、厚径1 mm、1.5 mm、2 mmの3種類とした。

クロスヘッドスピードに関して、掛谷らの報告¹³⁾では、コンポジットレジンにおいてクロスヘッドスピードが1 mm/minと20 mm/minでは後者が16%だけ、値が増加していた。ISO規格によると、セラミックスの4点曲げ試験においてのクロスヘッドスピードは1 (±0.5) mm/minとなっているが、レジンではクロスヘッドスピードが速くなると曲げ強さは高く測定されてしまうため、それを考慮して今回はクロスヘッドスピード0.1 mm/minとした。

今回の実験では、イットリアの含有量の異なる部分安定化ジルコニアを用いた。イットリアの含有量の少ないY-TZPは、すべての厚みで最大荷重がCo-Crと同等の値を示した。Y-TZPの4点曲げ強さは1207～1274 MPaを示し、この値は河野ら¹⁴⁾が報告している値とも同等であった。これらのことは、歯科用ジルコ



Y-TZP



ZR-Y

図8 ZR-Y, Y-TZP 破断面のSEM像

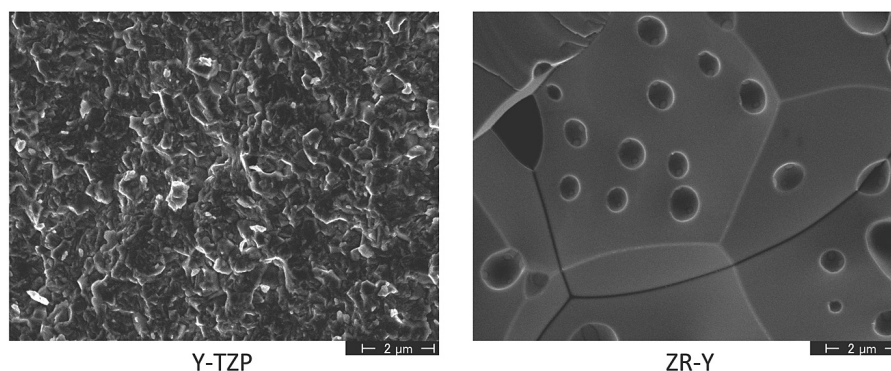


図9 ZR-Y, Y-TZP 破断面の拡大SEM像

ニアがパーシャルデンチャーの大連結子に応用可能であるということを示唆しているものと思われる。

最大荷重時の変形量ではY-TZPがCo-Crよりも有意に小さかった。このことは、力の伝達体として変形しないこと¹¹⁾という大連結子の具備条件を満たしており、Co-Crよりも材料としてより適している可能性がある。

また、厚さの比較では2mmのものが最も大きな値を示しており、日本人の一般的な臼歯部の咬合力21～30.6Kg¹⁵⁾に耐えうるのは厚さ2mmのものが適当であると考えられる。

ZR-YはY-TZPに比べ粒子の大きさが約20倍あり粒子間での空隙も目立った。ZR-Yは押し出し成形しY-TZPは圧力をかけ成形しているため、そのような違いがあると考えられる。また、密度の違いが強度に影響を及ぼしたものと考えられ、ZR-Yは著しく強度が低く、臨床には応用できないと思われる。

今後、臨床に使用する上でより強固でたわみにくくするために形態についても検討していく必要がある。また、今回はイットリア添加のZR-Y, Y-TZPを使用した。今後他のジルコニアについても検討していく予定である。

結 論

今回、ジルコニアを大連結子へ応用する目的で、4点曲げ試験を行った。Y-TZPではCo-Crと同等の荷重まで耐えることがわかり、変形量はCo-Crより少なかった。これらのことより歯科用ジルコニアは従来の金属と同様に大連結子に応用できることが示唆された。

謝 辞

この研究の一部は宮田研究奨励金（A）の援助を受けたことに謝意を表します。

文 献

- 1) 伴清治. メタルフリーを実現するためのジルコニアの材料特性. 日本歯科産業学会誌. 2006; 20: 22-27.
- 2) 田中譲治, 木村健二. 臨床トピックスメタルに替わる審美補綴材料ジルコニアの臨床応用. 歯界展望. 2006; 108: 361-373.
- 3) 土平和秀, 吉田恵一, 三浦宏之, 石綿勝. 新しいオールセラミックブリッジ (Cercon Smart Ceramic) の臨床技工. 日本歯科技工学会雑誌. 2004; 25: 222-227.
- 4) 吉田恵一, 三浦宏之, 土平和秀, 公田有子, 渡辺希江, 星野紘子, 鈴木正章, 駒田亘, 宮坂宗永, 野崎浩祐, 松村光明. ジルコニアを用いて新しいオールセラミックブリッジの臨床経過について. 日本補綴歯科学会雑誌. 2004; 48: 105.
- 5) 三浦宏之, 吉田恵一, 土平和秀, 公田有子, 渡辺希江, 星野紘子, 鈴木正章, 西村美千代, 松村光明. ジルコニアを用いた新しいオールセラミックブリッジの臨床的検討. 日本補綴歯科学会雑誌. 2004; 48: 133.
- 6) 伴清治. オールセラミックレストレーションを実現するためのジルコニアの材料特性. 歯科学報. 2007; 107: 670-684.
- 7) 武田昭二. ジルコニアセラミックスの歯冠修復への応用について. 大阪歯科大学同窓会報. 2007; 175: 27-32.
- 8) 山本眞, 西村好美. オールセラミックレストレーションの可能性 (中編) — “白いメタル” の登場で何が変わるか. QDT. 2003; 28: 1594-1618.
- 9) Filser F and Luhy H. All-ceramic restorations by new direct ceramic machining process (DCM). *J Dent Res.* 1998; 77: 762.
- 10) 飯島俊一, 三輪武人. ジルコニアを臨床で使う一技巧の実際と技巧サイドからの提言一. 補綴臨床. 2006; 39: 294-301.
- 11) 三谷春保, 小林義典. 歯学生のパーシャルデンチャー. 5版. 東京: 医歯薬出版株式会社. 2009; 86: 192-193.

- 12) 関根弘. 歯科医学大辞典. 1版. 東京: 医歯薬出版株式会社; 1988: 2046-2047.
- 13) 掛谷昌宏, 深瀬康公. 材料試験に関する一考察測定条件がコンポジットレジンの曲げ強さに及ぼす影響について. 歯科材料・機器. 1995; 14: 242-243.
- 14) 河野博史, 宮本元治. ジルコニアの曲げ強さに与える試験方法と試料の厚さの影響. 歯科材料・機器. 2009; 28: 94.
- 15) 覚道幸男. 歯と口腔の臨床生理. 1版. 京都: 永末書店; 1969: 492-507.
-