

In vitro retentive strength of metal superstructures cemented to solid abutments

G. RAPPELLI¹, M. CORSO², E. COCCIA¹, E. CAMAIONI³, R. DI FELICE¹, M. PROCACCINI⁵

Aim. The aim of this study was to evaluate the effect of sandblasting on the retentive strength of metal single crowns luted with a resin cement to Straumann implant/abutment assemblies.

Methods. Fifty 4.1 mm-wide Straumann solid screw implants were mounted in self-polymerizing soft resin. Standard 5.5 mm-high, 8 degree tapered solid abutments were placed on each implant and torqued to 35 Ncm. Fifty metal castings were made using prefabricated burn-out caps. Each implant/abutment assembly and its corresponding metal casting was numbered and they were divided into two groups of 25. In the test group, the external surface of the abutments and the cavosurface of the corresponding metal casting were sandblasted. In the control group, neither the implant abutment nor the metal casting underwent sandblasting. Each metal casting was cemented onto its respective implant/abutment assembly using Panavia 21 (Kuraray Europe GmbH, Dusseldorf, Germany) resin cement. Specimens were then subjected to a pull-out test using a universal Instron testing machine. The load required to dislodge each crown was recorded and mean values were calculated for each group. Retention values were analyzed using the ANOVA test.

Results. The test group showed a higher mean

Findings.—This research was supported by a grant of the Straumann Foundation for the Promotion of Implantology.

Received on September 26, 2007.

Accepted for publication on March 5, 2008.

Address reprint requests to: G. Rappelli, School of Dentistry, Polytechnic University of Marche, Via Tronto 10, 60020 Ancona, Italy. E-mail: g.rappelli@univpm.it

¹Department of Prosthodontics
School of Dentistry
Faculty of Medicine

Polytechnic University of Marche, Ancona, Italy

²Private Practice, Civitanova Marche, Italy

³Private Practice, Teramo, Italy

⁴Private Practice, S. Benedetto del Tronto, Italy

⁵School of Dentistry, Faculty of Medicine,
Polytechnic University of Marche, Ancona, Italy

retention value (83.78 kgf±19.61) than the control group (44.03 kgf±9.45) and the difference was statistically significant.

Conclusion. Within the limitations of this *in vitro* study, the results suggest that sandblasting treatment significantly increases mechanical retention of crowns cemented using a resin cement. It is at the clinician's discretion to evaluate whether additional retention is desired in cementing an implant-supported fixed partial denture.

Key words: Tensile strength - Resin cements - Dental prosthesis, implant-supported - Dental crowns.

Implant-supported crowns can be fixed on abutments by cementing or screwing. In the literature there is no consensus that screwing is superior to cementing.¹ Cemented restoration lead to a superior esthetic result, better occlusal scheme, lower cost, passive fit and reduce the risk of screw loosening.² In order to remove the crown, provisional luting

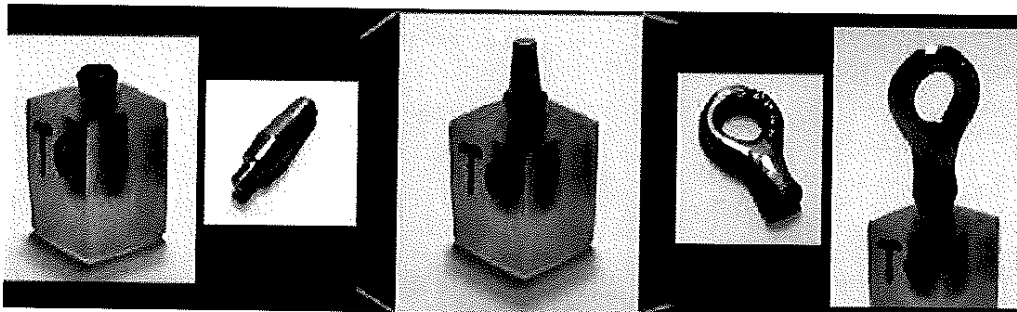


Figure 1.—Each implant/abutment/metal crown assembly is composed on these elements.

agents may be used. The low tensile strength, low resistance to fatigue and high solubility of provisional cements result in a high risk for loss of retention;³⁻⁵ the major and serious complication related to the decementation is the accidental swallowing or, worse, the aspiration of dental prostheses.⁶⁻⁸ Consequently, the positive increase in implant survival,⁹⁻¹² the issue of retrievability has become less critically and the use of high strength cements has become more popular.¹³ To improve retentiveness of abutment-metal casting assemblies, several metal surface pretreatments have been proposed. Ohno *et al.*¹¹ classified these pretreatments as chemical or mechanical techniques. Chemical surface treatments include high-temperature oxidation, electroplating with tin, silane-coating, and ion-coating. Mechanical surface treatment primarily achieves metal conditioning through airborne particle abrasion.¹⁴⁻¹⁶ The aim of this study was to evaluate the effect of sandblasting on the retention strength in Straumann abutment/single crown assemblies luted with a resin cement. More particularly, the aim of the study was to test the null hypothesis that there is no difference in retention between sandblasted and not sandblasted cemented assemblies.

Materials and methods

Fifty 10 mm-long, 4.1 mm-wide Straumann solid screw implants (Institut Straumann AG) were mounted, using a dental surveyor, in self-polymerizing acrylic blocks (Repair

Material; Dentsply International, Milford, DE, USA). Standard 5.5 mm-high 8-degree tapered machined solid abutments (Institut Straumann AG) were placed on each implant and torqued to 35 Ncm using a manual torque wrench (Institut Straumann AG). Fifty cast crowns were made using prefabricated burn-out caps (Institut Straumann AG). A loop of wax was added to the occlusal surface of the plastic cap to provide an attachment for the subsequent retention test. The wax patterns were sprued, invested and then cast with noble alloy (Protocol; Williams-Ivoclar, Amherst, NY, USA). After disinvestment with hydrofluoric acid in an ultrasonic cleaner, the internal aspect of the casting was inspected under a stereomicroscope (Meiji Techno; Model BM 38834, Tokyo, Japan) at 10X. All laboratory procedures were performed by the same investigator. Each implant/abutment assembly and corresponding metal casting (Figure 1) was numbered, and they were arbitrarily divided into two groups of 25. In the test group, the external surface of the abutments and the cavosurface of the corresponding metal casting were sandblasted with 5 atm air abrasion using 50 μ m aluminum oxide particles, for 30 s. In the control group, the implant-abutment assembly and the corresponding metal casting did not undergo sandblasting (Figure 2). Each metal casting in both test and control groups was cemented onto its respective implant/abutment assembly using a resin cement Panavia 21 (Kuraray Medical Inc., Kurashiki, Okayama, Japan). During cementing a 5-kg load was maintained for 10 min on the cast-

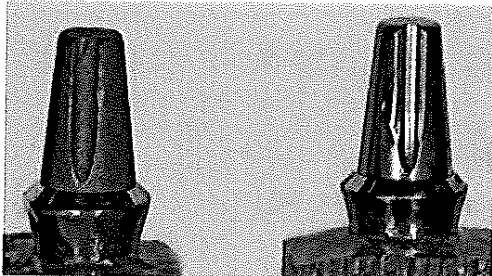


Figure 2.—The effect of the airborne sandblasting on the external surface of the abutments.

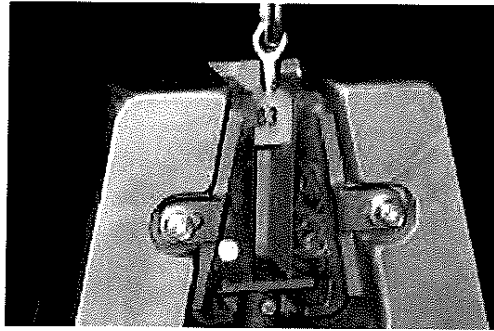


Figure 3.—A specimen placed in the Instron universal testing machine for the pull-out test.

ing, in line with the American Dental Association (ADA) specification 96. All mixing and cementing procedures were carried out at room temperature by the same investigator. After cementing, the implant-abutment-casting assemblies were stored for 24 h at 37 °C in a 100% humidity environment. Specimens were then subjected to a pull-out test using a universal Instron testing machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min (Model 4204; Instron Engineering Corp, Canton, MA, USA) (Figure 3). The load required to dislodge each crown was recorded, and the mean values for each group were calculated.

Statistical analysis

Retention values were analyzed using the ANOVA test. Statistical significance was set at $P \leq 0.05$.

Results

Retention values are shown in Figure 4. The test group showed a higher mean retention value ($83.78 \text{ kgf} \pm 19.61$) than the control group ($44.03 \text{ kgf} \pm 9.45$) and the difference was statistically significant (Figure 5).

Discussion and conclusions

To quantify the effect of mechanical surface conditioning on retentive strength of a luting agent, this study examined the retention values of single crowns luted to Straumann im-

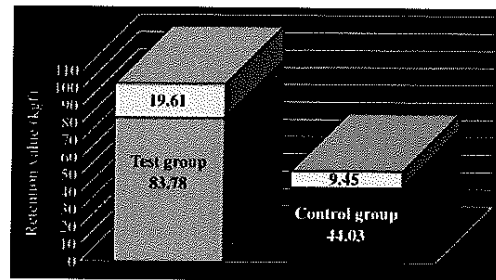


Figure 4.—Mean values of loads required to dislodge metal castings. The grey areas represent the standard deviations.

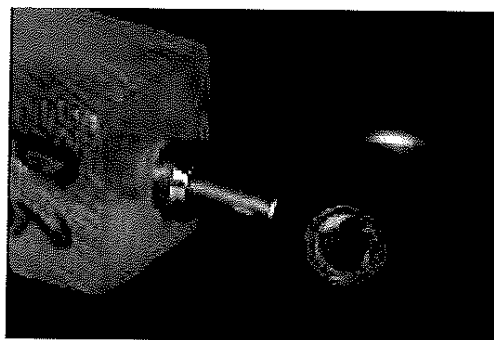


Figure 5.—A specimen of the test group after the metal casting has been dislodged.

plant/abutment with a resin cement. To eliminate the variation of retentive bond strength due to the thickness of the cement film,¹⁷ all castings were made using plastic burn-out cups. The Straumann solid abutment-plastic

burn-out cap system provides the laboratory technician with an easy and predictable tool to achieve adequate casting. A space is manufactured between the abutment and the plastic cap, eliminating the need for a die spacer. This built-in cement space measures 20 µm, which is consistent with ADA specification 96 for ideal cement thickness.³ The presence of this uniform space also reduces the need for casting adjustments. Panavia 21, a phosphate monomer containing a resin composite luting agent, was selected considering its proven bonding ability to all substrates and especially to metal surfaces and titanium. Mansour *et al.*³ compared the retention of metal copings cemented onto solid titanium abutments using 6 different luting agents and showed that Panavia 21 provided the highest retention, being significantly more retentive than the other cements. Retention can be increased by modifying surface topography, which can be achieved on natural teeth using course burs,¹⁷ while on metal structures it can be achieved through airborne particle abrasion.¹⁸ Air abrasion conditioning with aluminum oxide particles was selected for this study because of its ease of use, also in the oral environment, without requiring sophisticated processing and specific equipment. Comparison of the retention values for the sandblasted assembly with those for the untreated control group confirms that mechanical surface treatment with airborne particle abrasion dramatically increases the retention of metal castings cemented to Straumann titanium solid abutments. The abrasion process removes loose contaminated layers and the roughened surface provides some degree of mechanical interlocking with the composite resin.¹⁴ The increased roughness forms a larger effective surface area for the metal-resin mechanical bond. Moreover, in comparison to chemical retention, air abrasion systems avoid the use of caustic and potentially harmful acid agents.¹⁹ The limitations of this *in vitro* study consist in the lack of thermocycling and aging of the cement before testing, and in the use of a purely tensile test. GaRey *et al.*¹⁹ found that thermocycling had a minimal effect on retentive strength when cementing

on implant abutment, and purely tensile testing was used because it has been adopted in other studies and may thus enable comparison of our results with other investigations.^{3, 4, 20} In this study, a simple and cheap metal surface conditioning with air blasting prior cementing with resin cement is a procedure that considerably improves the retention: this could be useful, at clinician's discretion, in all clinical conditions when an increased retention in a "permanent luting" is desired.

Within the limitations of this study, the conclusion may be drawn that the air abrasion with aluminum oxide particles is an easy method to roughen the metal surface and enhance the retention of single crowns cemented to implant/abutment complex. Therefore, if clinically desirable, the retention of a single crown can be enhanced through a simple, readily-available and cost-effective technology such as air abrasion.

References

1. Chee W, Felton D, Johnson P, Sullivan D. Cemented *versus* screw-retained implant prostheses: which is better? *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:137-41.
2. Chiche GJ, Pinault A. Considerations for fabrication of implant-supported posterior restorations. *Int J Prosthodont* 1991;4:37-44.
3. Mansour A, Ercoffi C, Graser G, Tallents R, Moss M. Comparative evaluation of casting retention using the ITI solid abutment with six cements. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:343-8.
4. Wolfart M, Wolfart S, Kern M. Retention forces and seating discrepancies of implant-retained castings after cementation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:519-25.
5. Kaar D, Oshida Y, Andres CJ, Barco MT, Platt JA. The effect of fatigue damage on the force required to remove a restoration in a cement-retained implant system. *J Prosthodont* 2006;15:289-94.
6. Nwaorgu OG, Onakoya PA, Sogebi OA, Kokong DD, Dosumu OO. Esophageal impacted dentures. *J Natl Med Assoc* 2004;96:1350-3.
7. Hashmi S, Walter J, Smith W, Latis S. Swallowed partial dentures. *J R Soc Med* 2004;97:72-5.
8. Bafloğlu OK, Buduneli N, Cagirci U, Turhan K, Aysan T. Pulmonary aspiration of a two-unit bridge during a deep sleep. *J Oral Rehabil* 2005;32:461-3.
9. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
10. Cranin AN, Rabkin MF, Garfinkel L. A statistical evaluation of 952 endosteal implants in humans. *J Am Dent Assoc* 1977;94:315-20.
11. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Branemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:347-59.
12. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effec-

- tiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part I: Surgical results. *J Prosthet Dent* 1990;63:451-7.
13. Hebel KS, Gajjar RC. Cement-retained *versus* screw-retained implant restorations: achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *J Prosthet Dent* 1997;77:28-35.
 14. Ohno H, Endo K, Hashimoto M. New mechanical retention method for resin and gold alloy bonding. *Dent Mater* 2004;20:350-7.
 15. Yoshida K, Kamada K, Sawase T, Atsuta M. Effect of three adhesive primers for a noble metal on the shear bond strengths of three resin cements. *J Oral Rehabil* 2001;28:14-9.
 16. Sun R, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterisation of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *J Dent* 2000;28:441-5.
 17. Juntavee N, Millstein PL. Effect of surface roughness and cement space on crown retention. *J Prosthet Dent* 1992;68:482-6.
 18. Ozcan M, Pfeiffer P, Nergiz I. A brief history and current status of metal-and ceramic surface-conditioning concepts for resin bonding in dentistry. *Quintessence Int* 1998;29:713-24.
 19. Galley DJ, Tjan AH, James RA, Caputo AA. Effects of thermocycling, load-cycling, and blood contamination on cemented implant abutments. *J Prosthet Dent* 1994;71:124-32.
 20. Squier RS, Agar JR, Duncan JP, Taylor TD. Retentiveness of dental cements used with metallic implant components. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:793-8.

Ritenzione di sovrastrutture metalliche cementate su impianti solidi: studio *in vitro*

Le protesi impianto-supportate possono essere avvitate o cementate e non esistono in letteratura dati scientifici che dimostrino la validità effettiva di una soluzione rispetto all'altra¹. Secondo Chiche *et al.*² la cementazione di protesi impianto-supportate permette di ottenere un miglior risultato estetico, un miglior schema oclusale, un adattamento passivo della struttura ai monconi implantari, riducendo i costi economici e i rischi di perdita della vite di serraggio. Uno svantaggio di questa procedura consiste nell'impossibilità di rimuovere facilmente la protesi qualora fossero necessarie piccole riparazioni². Per ovviare a questo inconveniente, alcuni Autori³⁻⁵ hanno suggerito di cementare le strutture protesiche con dei materiali provvisori che, proprio per le loro caratteristiche, possono con il passare del tempo determinare una perdita di ritenzione del manufatto protesico. Nelle situazioni peggiori i pazienti possono ingoiare o aspirare la protesi stessa⁶⁻⁸. Grazie all'aumento del tasso di sopravvivenza degli impianti⁹⁻¹², la necessità di rimuovere la protesi è divenuta sempre meno importante mentre l'uso di cementi definitivi aventi una buona resistenza meccanica è sempre più popolare¹³. Per aumentare la ritenzione di corone metalliche cementate ai monconi implantari, sono stati proposti diversi pretrattamenti di superficie. Ohno *et al.*¹⁴ hanno classificato questi pretrattamenti in chimici e meccanici. I trattamenti chimici includono l'ossidazione a elevate temperature, l'elettrolitica, la silanizzazione e la ionizzazione. I trattamenti meccanici invece si ottengono principalmente condizionando le superfici metalliche attraverso la sabbiatura con specifiche polveri¹³⁻¹⁶. Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare l'efficacia di un sistema di sabbiatura sulla ritenzione di corone singole in metallo cementate su impianti Straumann con un cemento resinoso, con l'obiettivo

di dimostrare che esistono differenze statisticamente significative tra i campioni sabbiati e quelli non sabbiati.

Materiali e metodi

Cinquanta impianti Straumann Standard RN (Institut Straumann AG), aventi una lunghezza di 10 mm e un diametro di 4,1 mm, sono stati immersi in resina acrilica autopolimerizzante (Repair Material; Dentsply International, Milford, DE, USA). Includita la resina, su ogni impianto è stato avvitato un moncone solido standard prefabbricato, alto 5,5 mm e avente una conicità di 8°. L'avvitamento è stato effettuato usando un cricchetto dinamometrico, fornito dal produttore, fino ad ottenere un torque di 35 Ncm. Cinquanta corone sono state realizzate utilizzando delle cappette prefabbricate in plastica (Institut Straumann AG). Un anello di cera è stato poi aggiunto sulla superficie oclusale di ciascuna cappetta per creare un aggancio in metallo necessario per il sistema di trazione. Ciascuna cappetta in plastica, dotata del suo anello in cera, è stata immersa in un gesso di rivestimento e mediante la tecnica della fusione a cera persa è stato ottenuto un manufatto in grado di fungere contemporaneamente sia da corona metallica che da aggancio per i tests di trazione. Durante la fusione a cera persa, una lega aurea nobile (Protocol; Williams-Ivoclar, Amherst, NY, USA) è stata usata per ottenere il manufatto. Rimosso il rivestimento con acido idrofluorico in una vaschetta a ultrasuoni, la parte interna di ciascuna corona metallica è stata controllata con uno stereomicroscopio avente un ingrandimento 10x (Meiji Techno; Model BM 38834, Tokyo, Japan). Tutte le fasi di laboratorio sono state effettuate da un

solo operatore. Ogni campione, costituito da impianto/moncone/corona metallica (Figura 1), è stato numerato e sono stati creati due gruppi da 25 campioni ciascuno. Nel gruppo test, le superfici esterne dei monconi implantari e quelle interne delle corone sono state sabbiate con particelle di ossido di alluminio delle dimensioni di 50 µm a 5 atmosfere per 30 s. Nel gruppo controllo, nessuna superficie è stata sabbiata (Figura 2). Ciascuna corona metallica sia nel gruppo test che in quello controllo è stata cementata sul corrispondente sistema impianto/moncone usando del Panavia 21 (Kuraray Medical Inc., Kurashiki, Okayama, Japan). Durante la cementazione i campioni sono stati pressati applicando un carico di 5 kg per 10 min rispettando la normativa *American Dental Association* (ADA) 96. Tutte le fasi di miscelazione e di cementazione sono state effettuate a una temperatura ambientale da uno stesso operatore. Dopo la cementazione, i campioni sono stati conservati per 24 h a 37 °C in un ambiente avente il 100% di umidità. I campioni sono stati poi sottoposti a un test di trazione utilizzando una Instron machine (Model 4204; Instron Engineering Corp, Canton, MA, USA) (Figura 3). Il carico necessario per decementare ciascuna corona è stato registrato e il valore medio per ciascun gruppo è stato calcolato.

Analisi statistica

I valori di ritenzione sono stati poi analizzati usando l'ANOVA test ($P \leq 0,05$).

Risultati

La Figura 4 mostra i valori medi di ritenzione per ciascun gruppo: il valore medio di ritenzione è stato di 83,78 kgf \pm 19,61 per il gruppo test e di 44,03 kgf \pm 9,45 per il gruppo controllo e la differenza tra i due gruppi è statisticamente significativa (Figura 5).

Discussione e conclusioni

Questo studio ha valutato la ritenzione di corone singole cementate su impianti Straumann per valutare l'effetto della sabbiatura. Per eliminare le variabili dovute allo spessore del cemento¹⁷, tutte le corone metalliche sono state realizzate usando delle cappette preformate in plastica. Queste componenti sono messe a disposizione dalla ditta Straumann, vengono usate in laboratorio per ottenere in maniera facile e predicibile delle cappette di dimensioni e forme adeguate e vengono realizzate in maniera tale che tra il moncone implantare e la cappetta in plastica si crei uno spazio di 20 µm. Questo spazio verrà occupato al momento della cementazione dal cemento e corrisponde allo spessore ideale per l'agente legante secondo la normativa ADA 96³. La presenza

di questo spazio uniforme riduce inoltre la necessità di ulteriori modifiche successive. In questo studio è stato utilizzato il Panavia 21, monomero fosfato contenente un agente legante resinoso, per la sua capacità di legarsi a tutti i substrati, specialmente alle superfici metalliche e al titanio. Mansour *et al.*³ hanno comparato la ritenzione di corone metalliche cementate su monconi solidi in titanio usando 6 differenti agenti leganti e hanno dimostrato che il Panavia 21 è significativamente più ritentivo rispetto agli altri cementi. La ritenzione può essere aumentata modificando la topografia superficiale che può essere ottenuta sui denti naturali con delle frese¹⁷, mentre sulle strutture metalliche con dei sistemi di sabbiatura¹⁸. La sabbiatura con particelle di ossido di alluminio è stata usata in questo studio per la sua facilità d'uso, anche in bocca, senza la richiesta di sofisticate apparecchiature e specifici procedimenti. L'analisi dei dati ottenuti dimostra che la sabbiatura aumenta drammaticamente la ritenzione di corone metalliche cementate su impianti solidi in titanio. Il processo di abrasione rimuove gli strati contaminati e irruvidisce le superfici metalliche creando delle microritenzioni meccaniche¹¹. L'aumentata ruvidità aumenta, inoltre, la superficie libera che può essere sfruttata per l'adesione del cemento al metallo. In confronto ai sistemi chimici, l'abrasione meccanica evita di usare sostanze acide caustiche e potenzialmente dannose¹⁴. I limiti di questo studio sono rappresentati dalla mancanza di termociclaggio prima delle prove meccaniche e dalla realizzazione di un test puramente tensile. Galley *et al.*¹⁹ hanno dimostrato che il termociclaggio ha un minimo effetto sulla forza di ritenzione del cemento nel caso di protesi impianto-supportate. La scelta di effettuare un test puramente tensile è stata dettata dalla possibilità di confrontare i dati ottenuti con quelli già presenti in letteratura^{3, 4, 20}. In questo studio il semplice condizionamento superficiale con particelle di ossido di alluminio ha permesso di aumentare considerevolmente la ritenzione; questo potrebbe essere utile, a discrezione del clinico, in tutti quei casi in cui si vuole potenziare la ritenzione di un cemento definitivo. Considerando i limiti di questo studio, è possibile concludere che la sabbiatura delle strutture metalliche con particelle di ossido di alluminio rappresenta un metodo semplice per irruvidire le superfici e aumentare la ritenzione di corone singole cementate su impianti. Pertanto, se clinicamente desiderabile, la ritenzione di corone singole metalliche può essere aumentata attraverso un sistema semplice, facilmente reperibile e a basso costo economico come la sabbiatura.

Riassunto

Obiettivo. Lo scopo di questo studio è quello di valutare la ritenzione di corone singole metalliche cementate con un cemento resinoso su impianti Straumann.

Metodi. Cinquanta impianti Straumann Standard RN (lunghezza 10 mm e diametro 4,1 mm) sono stati immersi in resina morbida autoindurente. Su ogni impianto è stato avvitato un moncone solido standard (altezza 5,5 mm e conicità di 8°) fino a raggiungere un torque di 35 Ncm. Per ciascun campione è stata realizzata una corona metallica mediante la tecnica della fusione a cera persa utilizzando il moncone solido come modello di lavoro. I campioni così ottenuti sono stati numerati e divisi in due gruppi da 25. Nel gruppo test, la superficie esterna dei monconi e la superficie interna delle corone sono state sabbiate. Nel gruppo controllo, nessuna superficie è stata sabbiata. Tutte le corone sono state cementate ai corrispettivi monconi/impianti con un cemento resinoso (Panavia 21; Kuraray Europe GmbH, Dusseldorf, Germany). La ritenzione delle corone è stata valuta-

ta con tests di trazione effettuati usando una Instron machine. Per ogni gruppo è stato calcolato il valore medio del carico necessario per decementare ogni corona e i dati ottenuti sono stati analizzati con l'ANOVA test.

Risultati. Il valore medio di ritenzione è stato di 83,78 kgf±19,61 per il gruppo test e di 44,03 kgf±9,45 per il gruppo controllo e la differenza tra i due gruppi è statisticamente significativa.

Conclusioni. I risultati suggeriscono che la sabbiatura delle superfici aumenta significativamente la ritenzione meccanica delle corone cementate con un cemento resinoso. Pertanto, se si vuole aumentare la ritenzione di corone metalliche è sufficiente che il clinico sabbi le superfici prima della cementazione. Parole chiave: Ritenzione - Cementi resinosi - Sistemi monconi/impianti - Corone metalliche.