

Periodico quadrimestrale - Poste Italiane SpA
Sped. in abbonamento Post. 70% IO/MI - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46)
art. 1 comma 1, DCB Milano - Taxe Perçue ISSN 1121 - 4171

3

| novembre 2012 | Vol. 26 |

ENDODONZIA

GIORNALE ITALIANO DI



Società Italiana
di Endodonzia

FOCUS

◆ MICRO-ENDODONZIA CHIRURGICA

EDITORIALE

- ◆ LA FINE DI UN BUON INIZIO

ARTICOLI ORIGINALI E REVISIONI DELLA LETTERATURA

- ◆ FATICA CICLICA DI NUOVI STRUMENTI AL NICHEL-TITANIO IN CANALI ARTIFICIALI A SINGOLA E DOPPIA CURVATURA
- ◆ IL POSIZIONAMENTO DI IMPIANTI IN SITI INFETTI COME ALTERNATIVA AL TRATTAMENTO ENDODONTICO SECONDARIO: REVISIONE DELLA LETTERATURA
- ◆ DEBRIDEMENT EFFECTIVENESS OF TWO DIFFERENT TECHNIQUES USING NEGATIVE PRESSURE IRRIGATION SYSTEM
- ◆ APECIFICAZIONE, APICOGENESI E PROCEDURE ENDODONTICHE RIGENERATIVE: REVISIONE DELLA LETTERATURA
- ◆ VALUTAZIONE IN VITRO DELL'AFFATICAMENTO DI STRUMENTI ROTANTI IN NICHEL-TITANIO

CASO CLINICO

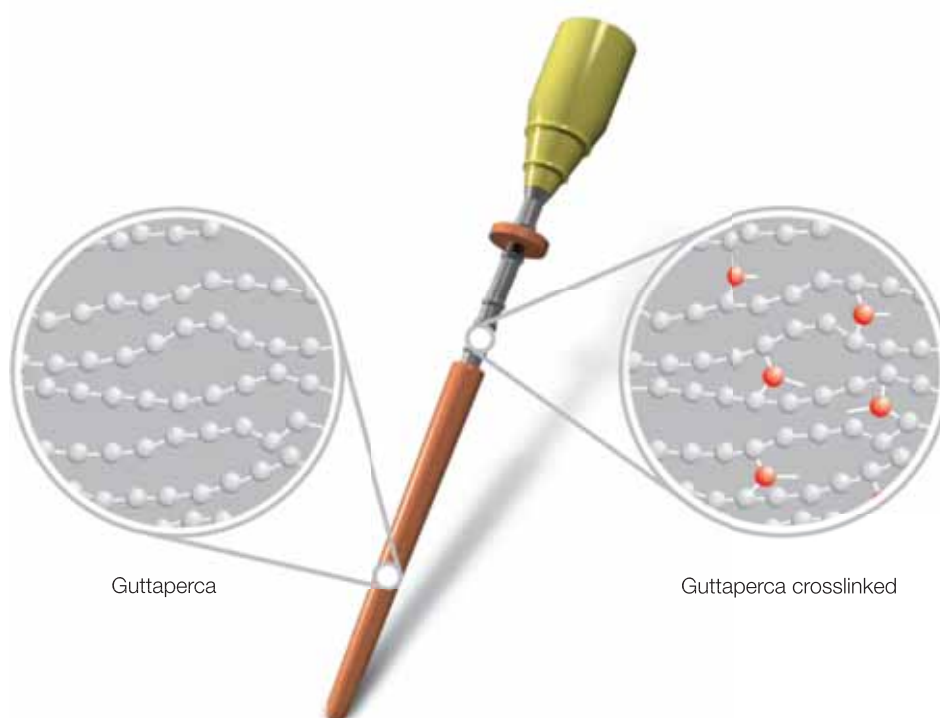
- ◆ LA PREPARAZIONE DELL'ISTMO CORONALE: UNA PROCEDURA FONDAMENTALE PER UN SUCCESSO A LUNGO TERMINE

RASSEGNA DELLA LETTERATURA

- ◆ *PRESENTAZIONE* - ANALISI RADIOGRAFICHE CON TECNOLOGIE D'AVANGUARDIA: IL SIGNIFICATO PER L'ENDODONTISTA
- ◆ DETERMINAZIONE DELLA LUNGHEZZA DI LAVORO ATTRAVERSO L'IMPIEGO DI IMMAGINI OTTENUTE PRECEDENTEMENTE CON CONE-BEAM COMPUTER TOMOGRAPHY (CBCT): UNO STUDIO PROSPETTICO CONTROLLATO
- ◆ IDENTIFICAZIONE DELLE FRATTURE VERTICALI CON TRE METODOLOGIE DI IMMAGINE RADIOGRAFICA: IL RUOLO DELLA PRESENZA O DELL'ASSENZA DELLA GUTTAPERCA INTRACANALARE
- ◆ STUDIO COMPARATIVO SULL'EFFICACIA DELLA TOMOGRAFIA CONE BEAM (CBCT) E DELLE RADIOGRAFIE PERIAPICALI NELLA DIAGNOSTICA DELLE COMPLICAZIONI ENDODONTICHE

gutta•core™

otturatore in guttaperca crosslinked



- Otturazione in 3D di qualità superiore
 - Facilità di ritrattamento
 - Spazio per il perno semplificato

EDITORIAL BOARD

EDITOR IN CHIEF

Prof. GAGLIANI MASSIMO
Professor and Chair of Endodontics
University of Milan
Dental School

ASSISTANT EDITORS

Prof. BERUTTI ELIO
Professor and Chair of Endodontics
University of Turin
Dental School
Former President of SIE

Prof. CERUTTI ANTONIO
Professor and Chair of Restorative
Dentistry
University of Brescia
Dental School
Active member of SIE

Prof. COTTI ELISABETTA
Professor and Chair of Endodontics
University of Cagliari
Dental School
Active member of SIE

Prof. DI LENARDA ROBERTO
Professor and Chair of Endodontics
Dean of Dental School
University of Trieste
Dental School

Prof. PIATTELLI ADRIANO
Professor and Chair of Oral Pathology
University of Chieti
Dental School

EDITORIAL COMMITTEE

Dr. BADINO MARIO
Private practice in Milan
SIE Officer

Dr. CARDINALI FILIPPO
Private practice in Ancona
Active member of SIE

Dr. CASTRO DAVIDE
Private practice in Varese
SIE Officer

Dr. CORAINI CRISTIAN
Private practice in Milan
Active member of SIE

Prof. D'ARCANGELO CAMILLO
Professor of Endodontics
University of Chieti Dental School
Active member of SIE

Dr. FABIANI CRISTIANO
Private practice in Rome
Active member of SIE

Dr. FORNARA ROBERTO
Private practice in Magenta
Certified Member of ESE
SIE Officer

Prof. MANGANI FRANCESCO
Professor and Chair of Restorative
Dentistry
University of Rome Tor Vergata
Dental School
Active member of SIE

Dr. PASQUALINI DAMIANO
Assistant Professor in Endodontics
University of Turin - Dental School
International Member of AAE
SIE Officer

Dr. PISACANE CLAUDIO
Private practice in Rome
Active member of SIE

Prof. RE DINO
Professor and Chair of Prosthodontics
University of Milan Dental School
Active member of SIE

Dr. TASCHIERI SILVIO
Private practice in Milan
Active member of SIE

Dr. TOSCO EUGENIO
Private practice in Fermo
Active member of SIE

EDITORIAL BOARD

Dr. BARBONI MARIA GIOVANNA
Private practice in Bologna
Active member of SIE

Dr. BATE ANNA LOUISE
Private practice in Cuneo
Active member of SIE

Dr. BERTANI PIO
Private practice in Parma
Elected President of SIE

Prof. CANTATORE GIUSEPPE
Professor of Endodontics
University of Verona Dental School
Former President of SIE

Dr. CASTELLUCCI ARNALDO
Private practice in Florence
Former President of SIE
Former President of ESE

Prof. CAVALLERI GIACOMO
Professor and Chair of Endodontics
University of Verona Dental School
Former President of SIE

Dr. COLLA MARCO
Private practice in Bolzano
Active member of SIE

Prof. GALLOTTINI LIVIO
Professor and Chair of Endodontics II
University of Rome La Sapienza
Dental School
Active member of SIE

Prof. GEROSA ROBERTO
Professor and Chair of Endodontics
University of Verona
Dental School
Active member of SIE

Dr. GIARDINO LUCIANO
Private practice in Crotone
Member of SIE

Dr. GORNI FABIO
Private practice in Milan
Former President of SIE

Dr. GRECO KATIA
Lecturer in Endodontology
University of Catanzaro
Scientific Board Coordinator SIE

Prof. KAITSAS VASSILIOS
Professor of Endodontics
University of Thessaloniki (Greece)
Active member of SIE

Dr. LENDINI MARIO
Private practice in Turin
Scientific Secretary of SIE

Prof. MALAGNINO VITO ANTONIO
Professor and Chair of Endodontics
University of Chieti
Dental School
Former President of SIE

Dr. MALENTACCA AUGUSTO
Private practice in Rome
Former President of SIE

Dr. MANFRINI FRANCESCA
Private practice in Riva
Active member of SIE

Dr. MARCOLI PIERO ALESSANDRO
Private practice in Brescia
Active member of SIE

Dr. MARTIGNONI MARCO
Private practice in Rome
President of SIE

Dr. PECORA GABRIELE
Former Professor of Microscopic
Endodontics
Post-graduate courses
University of Pennsylvania (USA)
Active member of SIE

Dr. PONGIONE GIANCARLO
Private practice in Naples
Active member of SIE

Prof. RENGO SANDRO
Professor and Chair of Endodontics
University of Naples
Dental School
Former President of SIE

Prof. RICCIETELLO FRANCESCO
Professor of Restorative Dentistry
University of Naples
Dental School
Vice-President of SIE

Dr. SBERNA MARIA TERESA
Private practice in Milan
SIE Officer

Dr. SCAGNOLI LUIGI
Private practice in Rome
Active member of SIE

Dr. TESTORI TIZIANO
Private practice in Como
Former Editor of Giornale Italiano
di Endodonzia
Active member of SIE

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

LESLIE ANG
Clinical assistant professor of
Endodontics
Division of Graduate Dental Studies
National University of Singapore

CARLOS BOVEDA
Professor Post-graduate Courses
University of Caracas (Venezuela)

PETER CANCELLIER
Clinical instructor at the University
of Southern California (USA)
School of Dentistry Graduate
Endodontic Program
President of the California State
Association of Endodontists

YONGBUM CHO
International lecturer and researcher
Private practice in Seoul (Korea)

GILBERTO DEBELIAN
Adjunct associate professor
Department of Endodontics
University of North Carolina,
Chapel Hill
University of Pennsylvania,
Philadelphia (USA)

JOSE ANTONIO FIGUEIREDO
Clinical lecturer in Endodontology
Eastman Dental Institute, London (UK)

GARY GLASSMAN
International lecturer and researcher
Private Practice in Ontario (Canada)
Editor in Chief of Dental Health

GERARD N. GLICKMAN
Professor and Chairman of
Endodontics
School of Dentistry
University of Washington (USA)

VAN T. HIMEL
Professor of Endodontics
School of Dentistry
University of Tennessee (USA)

JEFFREY W. HUTTER
Professor and Chairman of
Endodontics
Goldman School of Dental Medicine
Boston University (USA)

JANTARAT JEERAPHAT
Professor of Endodontics
Mehidol University of Bangkok
(Thailand)
Dental School

NEVIN KARTAL
Professor of Endodontics
Marmara University Istanbul (Turkey)
School of Dentistry

BERTRAND KHAYAT
International lecturer and researcher
Private practice in Paris (France)

RICHARD MOUNCE
International lecturer and researcher
Private practice in Portland (Oregon)

GARY NERVO
International lecturer and researcher
Private practice in Melbourne
(Australia)

CARLOS GARCIA PUENTE
Professor of Endodontics
University of Buenos Aires (Argentina)
School of Dentistry

MIGUEL ROIG
Professor and Head Department of
Restorative Dentistry and Endodontics
Universitat Internacional de
Catalunya, Barcelona, (Spain)

CLIFFORD J. RUDDLE
Assistant Professor
Dept. of Graduate Endodontics
Loma Linda University (USA)

MARTIN TROPE
Professor and Chairman of
Endodontics
School of Dentistry
University of North Carolina (USA)

JORGE VERA
Professor of Endodontics
University of Tlaxcala (Mexico)

RECIPROC®

one file endo



Efficienza e Semplicità

La preparazione del canale con un solo strumento

Oltre 70.000 cure canalari nel 2011*

Per maggiori informazioni sul sistema RECIPROC®
o per partecipare ad un corso endo vai su:

► www.reciproc.com

► www.dentsply.it

Numero Verde
800-921107

Dentsply Italia S.r.l.
Via Curtatone, 3 - 00185 Roma - Fax 06 72640394
www.dentsply.it - EMAIL: insidesales.italia@dentsply.com

For better dentistry

DENTSPLY

* Strumenti reciprocanti in Nichel Titanio monouso
venduti in Italia da marzo a dicembre.



Società Italiana
di Endodonzia

ENDODONZIA

GIORNALE ITALIANO DI

Organo Ufficiale della SIE – Società Italiana di Endodonzia

SIE BOARD 2012

Direzione Scientifica
Massimo Gagliani

Comitato Scientifico
Elio Berutti
Antonio Cerutti
Elisabetta Cotti
Roberto Di Lenarda
Adriano Piattelli

Comitato di Redazione
Mario Badino
Filippo Cardinali
Davide Castro
Cristian Coraini
Camillo D'arcangelo
Cristiano Fabiani
Roberto Fornara
Francesco Mangani
Damiano Pasqualini
Claudio Pisacane
Dino Re
Silvio Taschieri
Eugenio Tosco

CONSIGLIO DIRETTIVO SIE

Past President
Giuseppe Cantatore
Presidente
Marco Martignoni
Presidente Eletto
Pio Bertani
Vice Presidente
Francesco Riccitiello
Segretario Tesoriere
Vittorio Franco
Segretario Culturale
Mario Lendini
Consiglieri
Damiano Pasqualini
Roberto Fornara
Revisori dei Conti
Maria Teresa Sberna
Michele Simeone

SIE - Società Italiana
di Endodonzia
Via P. Custodi 3 – 20136 Milano
Tel. 02 8376799
Fax. 02 89424876
segreteria.sie@me.com
segreteria.sie@pec.segreteriasie.it
www.endodonzia.it

SOMMARIO

CONTENTS

- 81 Editoriale/Editorial**
La fine di un buon inizio
The end of a good beginning
M. Gagliani
- 82 Focus**
Micro-endodonzia chirurgica
Micro-surgical endodontics
A. Castellucci, M. Papaleoni
- 106 Articolo originale/Original article**
Fatica ciclica di nuovi strumenti al nichel-titanio
in canali artificiali a singola e doppia curvatura
*Cyclic fatigue of new nickel-titanium instruments
in artificial canals with single and double curvature*
C. Miglio, N.M. Grande, G. Plotino, V. Milana, L. Testarelli,
G. Gambarini
- 111 Revisione della letteratura/ Literature review**
Il posizionamento di impianti in siti infetti come alter-
nativa al trattamento endodontico secondario: revisione
della letteratura
*Immediate implant placement in infected sites as
an alternative to secondary endodontic treatment:
a review of literature*
S. Corbella, S. Taschieri, A. Leone, A. Rodolfi, L. Francetti
- 117 Articolo originale/Original article**
Debridement effectiveness of two different techniques
using negative pressure irrigation system
*Efficacia nella detersione di due differenti tecniche
d'irrigazione a pressione negativa*
F. Palazzi, L. Giardino, Z. Mohammadi, S. Rengo, F. Riccitiello

Direttore Responsabile e
Amministratore Delegato
Emile Blomme

PUBLISHING

Tel. +39 02 88184.249
Fax +39 02 88184.302

Publishing Director

Valeria Brancolini
v.brancolini@elsevier.com

Journals Publishing Manager

Cristina Pelizon
c.pelizon@elsevier.com

Journals Publisher

Laura Fabri
l.fabri@elsevier.com

Dentistry Publishing Editor

Elena D'Alessandro
e.dalessandro@elsevier.com

Journal Administrator

Chiara Tutino
c.tutino@elsevier.com

OPERATIONS

Tel. +39 02 88184.332
Fax +39 02 88184.342

Operations Director

Antonio Boezio
a.boezio@elsevier.com

Journals Team Manager

Lidia Adami
l.adami@elsevier.com

Journal Manager

Paola Farina
p.farina@elsevier.com

Creative Director

Giorgio Gandolfo
g.gandolfo@elsevier.com

SALES

Tel. +39 02 88184.227
Fax +39 02 88184.340

Pharma Commercial Director

Ludovico Baldessin
l.baldessin@elsevier.com

Traffic & Sales Support Manager

Donatella Tardini
d.tardini@elsevier.com

Traffic & Sales Support

Elena Rizzi
Tel. 02 88184.227
e.rizzi@elsevier.com

ABBONAMENTI

Tel. +39 02 88184.368/317
Fax +39 02 88184.307
abbonamenti@elsevier.com

Abbonamento online Italia
(3 numeri l'anno): 60 euro
Abbonamento online
estero: 240 euro

Copyright © 2012 by Società Italiana
di Endodonzia -SIE
Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati
**Giornale Italiano di Endodonzia -
quadrimestrale**
Reg. Trib. Milano n. 89 del 03.03.2009
Service provider: Elsevier B.V.
www.sciencedirect.com

Tutti gli articoli pubblicati sul *Giornale Italiano di Endodonzia* sono redatti sotto la responsabilità degli Autori. La pubblicazione o la ristampa degli articoli deve essere autorizzata per iscritto dall'editore.

Ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs 196/03, i dati di tutti i lettori saranno trattati sia manualmente, sia con strumenti informatici e saranno utilizzati per l'invio di questa e di altre pubblicazioni di materiale informativo e promozionale. Le modalità di trattamento saranno conformi a quanto previsto dall'art. 11 D.Lgs 196/03. I dati potranno essere comunicati a soggetti con i quali Elsevier Srl intrattiene rapporti contrattuali necessari per l'invio delle copie della rivista. Il titolare del trattamento dei dati è Elsevier Srl, via P. Paleocapa 7 - 20121, Milano, al quale il lettore si potrà rivolgere per chiedere l'aggiornamento, l'integrazione, la cancellazione e ogni altra operazione di cui all'art. 7 D.Lgs 196/03.



ELSEVIER

Elsevier srl
via Paleocapa 7 - 20121 Milano
Tel 02 88184.1
Fax 02 88184.342
www.elsevier.it
www.elsevierhealth.com

SOMMARIO

CONTENTS

Revisione della letteratura/Literature review

- 137 **Apecificazione, apicogenesi e procedure endodontiche rigenerative: revisione della letteratura**
Apexification, apexogenesis and regenerative endodontic procedures: a review
G. Ferrara, S. Corbella, M. Sozzi, M. Del Fabbro, S. Taschieri

Articolo originale/Original article

- 145 **Valutazione in vitro dell'affaticamento di strumenti rotanti in nichel-titanio**
In vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic Nickel-Titanium rotary instruments
G. Cutrò, V. Amateis, S.C. Provenzano, P. Cusimano, E.M. Cumbo, G. Gallina

Caso clinico/Case report

- 150 **La preparazione dell'istmo coronale: una procedura fondamentale per un successo a lungo termine**
The preparation of coronal isthmus is a fundamental step for long term success
A. Iandolo, M. Simeone, F. Riccitiello

Rassegna della Letteratura/Literature review

- 155 **Presentazione. Analisi radiografiche con tecnologie d'avanguardia: il significato per l'endodontista**
M. Gagliani

- 155 **Determinazione della lunghezza di lavoro attraverso l'impiego di immagini ottenute precedentemente con Cone-Beam Computer Tomography (CBCT): uno studio prospettico controllato**
F.B. Jeger, S.F. Janner, M.M. Bornstein, A. Lussi

- 155 **Identificazione delle fratture verticali con tre metodologie di immagine radiografica: il ruolo della presenza o dell'assenza della guttaperca intracanalare**
S. Khedmat, N. Rouhi, N. Drage, N. Shokouhinejad, M.H. Nekoofar

- 156 **Studio comparativo sull'efficacia della Tomografia Cone Beam (CBCT) e delle radiografie periapicali nella diagnostica delle complicazioni endodontiche**
P.S. D'Addazio, C.N. Campos, M. Özcan, H.G. Teixeira, R.M. Passoni, A.C. Carvalho

Giornale Italiano di Endodonzia - full text disponibili su ScienceDirect®

Volume 26 | n. 3 | novembre 2012

Amsterdam • Boston • Jena • London • New York •
Oxford • Paris • Philadelphia • San Diego • St. Louis

Rifinitura di cavità prossimali di altissimo livello!

Punte SonoShaping,
ideate dal Dr. Ivo Agabiti, Pesaro



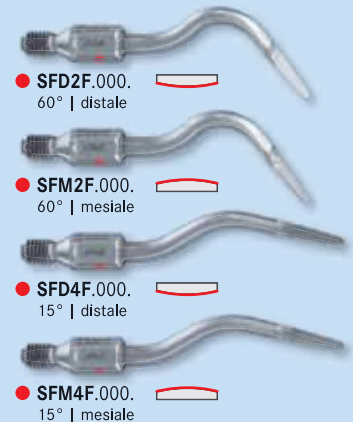
© 01/2012 - 406018V0



La bisellatura di cavità per intarsi o la rifinitura di cavità prossimali in composito sono operazioni che richiedono una forte attenzione da parte dell'operatore. Con le punte SonoShaping, da montare su manipo- lo sonico (per es. SF1LM Komet) è pos- sibile lavorare in condizioni di assoluta sicurezza e rispetto dell'anatomia e senza lesioni per i denti prossimali. Il gambo della punta non interferisce nel campo

visivo quando si lavora con gli occhialini o al microscopio, come avviene invece con testina della turbina o del moltiplicatore. Il rivestimento diamantato monolaterale a grana fine 46 µm permette una lavorazione mesiale o distale decisamente sicura e accurata. Oltre all'impiego in odontoiatria conservativa, le punte SonoShaping pos- sono essere usate per la separazione pre- protesica di monconi.

Shaping rivestimento del lato convesso





sweden & martina

40 | ANNIVERSARY | 1972 | 2012



Da nove anni, perfetto.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



EDITORIALE

La fine di un buon inizio

The end of a good beginning

Il trasferimento della nostra rivista a un editore di caratura internazionale quale Elsevier aveva anche contrassegnato il passaggio dalla rivista cartacea alla rivista digitale. Non sta a me giudicare se i contributi e la qualità della rivista fossero migliori o peggiori rispetto agli altri anni, tuttavia, in qualità di Editor avevo la sensazione che questo nuovo cammino potesse dischiudere interessanti novità per la comunità endodontica nazionale.

Purtroppo la chiusura del rapporto con Elsevier determinerà un nuovo cambiamento che, come già più volte successo negli anni passati, ci obbligherà a rimboccarci le maniche e a gestire in proprio o con altro editore la nostra testata.

Nessuna paura.

Siamo sopravvissuti a situazioni ben peggiori.

Sono sempre più convinto che la “famiglia” endodontica italiana possa sorreggere la casa che da oltre vent’anni ospita la cultura di questa disciplina; non è detto che, con il passare degli anni, non si migliori ancora.

Con grande fiducia aspetto un fruttifero duemilatredici.

Massimo Gagliani

Editor-in-Chief

Giornale Italiano di Endodonzia

E-mail: massimo.gagliani@endodonzia.it



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



FOCUS

Micro-endodonzia chirurgica

Micro-surgical endodontics

Arnaldo Castellucci*, Matteo Papaleoni

Liberi professionisti, Firenze

Ricevuto il 30 giugno 2012; accettato il 3 settembre 2012

Disponibile online il 5 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Chirurgia;
Apicectomia;
Otturazione retrograda;
MTA.

KEY WORDS

Surgery;
Apicoectomy;
Retrofill;
MTA.

Riassunto

Obiettivi: Nel campo dell'endodonzia chirurgica le più grandi rivoluzioni degli ultimi anni sono state l'introduzione del microscopio, degli ultrasuoni, del micro-strumentario e di nuovi materiali biocompatibili come l'MTA. Con l'uso del microscopio, grazie all'ingrandimento, all'illuminazione coassiale e alle punte da ultrasuoni, è possibile eseguire una corretta preparazione retrograda del canale, necessaria a garantire un'elevatissima percentuale di successo. **Conclusioni:** Grazie al microstrumentario gli interventi sono meno demolitivi, a tutto vantaggio della robustezza dei denti trattati e dei successi a lungo termine. Il nuovo materiale da otturazione retrograda ha dimostrato di essere estremamente più biocompatibile. Recentemente infine sono apparsi sul mercato dei nuovi "carrier" che facilitano il posizionamento del materiale da otturazione retrograda, rendendo l'intero intervento estremamente più rapido e meno stressante sia per il paziente sia per l'operatore.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objectives: In the last 10-15 years several important developments have been introduced in surgical endodontics: the surgical operating microscope, the ultrasonic retritips, micro-instruments and a new biocompatible material like MTA. Using the surgical operating microscope, thanks to magnification, coaxial illumination, and ultrasonic retritips it is possible to make a retro-prep that can guarantee a very high success rate.

Conclusions: Thanks to micro-instruments the surgical procedures are much more conservative and less invasive. The new retrofilling material is much more biocompatible compared to previous materials. Recently, new carriers became available, so that now the positioning of the retrofilling material is much easier, making the entire surgical procedure faster and less stressful both for the patient and the clinician.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

* Corrispondenza: Via degli Artisti, 6/r – 50132 Firenze.
E-mail: castellucci@dada.it (A. Castellucci).

Definizione

Per micro-endodonzia chirurgica si intende l'intervento chirurgico da eseguire per il trattamento delle lesioni di origine endodontica che non rispondono alla terapia endodontica ortograda o che non possono essere trattate con approccio convenzionale ortogrado. Lo scopo di tale intervento è quello di ottenere la detersione, la sagomatura e l'otturazione tridimensionale della porzione più apicale del sistema canalare, porzione che non può essere raggiunta e trattata attraverso la cavità d'accesso ma solo attraverso un lembo chirurgico (fig. 1). Il termine "micro" si riferisce al fatto che ormai da anni questo tipo di chirurgia deve essere eseguito esclusivamente sotto ingrandimento e forte illuminazione, ovvero con l'aiuto del microscopio operatorio. Inoltre, per il motivo appena enunciato, si preferisce parlare di "endodonzia chirurgica" e non di "chirurgia endodontica", in quanto si tratta di una "terapia endodontica" fatta attraverso un lembo chirurgico e non di un intervento di "chirurgia" fatto per motivi "endodontici". Ciò in altre parole significa che l'intervento è di pertinenza dell'endodontista e che deve essere eseguito con le conoscenze di anatomia endodontica, con la manualità, con gli strumenti, la tecnologia e i materiali dell'endodontista, cose che non sempre appartengono ai chirurghi orali o maxillo-facciali.

Indicazioni e controindicazioni

L'insuccesso endodontico richiede ovviamente il suo ritrattamento, ma come prima cosa è necessario capire quali sono state le cause che hanno portato al fallimento la precedente terapia. Questo per valutare se esista la possibilità di ottenere il successo con una terapia ortograda. Nel caso in cui l'esperienza dell'operatore indichi che questa possibilità non esiste ed eventualmente solo dopo che i tentativi non chirurgici siano falliti, solo allora sussiste l'indicazione all'approccio chirurgico. In altre parole, la vera indicazione per l'endodonzia chirurgica è puramente meccanica, mentre non deve essere considerata una buona scusa per lasciare non ritrattati dei canali che presentano una terapia inadeguata (fig. 2).

Secondo Nygaard-Ostby e Schilder [1], l'endodonzia chirurgica deve essere riservata a quei casi nei quali la preparazione e l'otturazione ortograde dei canali radicolari appaiono impossibili fin dall'inizio o quando i tentativi di ritrattamento non chirurgico siano falliti. Anche in questi casi, tuttavia, gli autori raccomandano di riempire con le metodiche tradizionali la maggior parte possibile di canale prima di procedere all'intervento chirurgico.

Al giorno d'oggi le tecniche, gli strumenti e i materiali per eseguire i ritrattamenti endodontici per via ortograda sono talmente migliorati e affinati che i casi da considerare sicure indicazioni per l'endodonzia chirurgica e che non possono essere ritrattati per via ortograda sono sempre più scarsi. I perni metallici prefabbricati o fusi possono essere rimossi in tutta sicurezza, le perforazioni possono essere riparate con risultati predicibili, i vecchi materiali da otturazione canalare possono essere facilmente rimossi, ecc. Spesso, un'elevata esperienza in endodonzia chirurgica nasconde

l'incapacità da parte dell'operatore di eseguire corrette terapie endodontiche ortograde.

Infine, anche dopo che è stata accertata l'indicazione alla chirurgia, in accordo con Weine e Gerstein [2], è consigliabile rimuovere il più possibile la precedente otturazione canalare inadeguata e sostituirla con guttaperca ben compattata: si possono così riempire canali laterali e canali addizionali precedentemente dimenticati e talvolta l'intervento chirurgico può rendersi non più necessario (fig. 3).

Tuttavia, nei casi in cui l'indicazione alla chirurgia rimane dopo il tentativo ortogrado, oggi le percentuali di successo a lungo termine sono notevolmente aumentate grazie ai progressi tecnologici e ai nuovi materiali disponibili per l'endodonzia chirurgica.

Negli ultimi 20 anni, infatti, tre importanti fenomeni hanno completamente rivoluzionato questa specialità: l'utilizzo del microscopio operatorio [3,4], le punte da ultrasuoni per la preparazione della cavità retrograda [5] e l'utilizzo di un nuovo materiale biocompatibile per il sigillo retrogrado del sistema canalare [6].

Il microscopio operatorio

Per molti anni la chirurgia periapicale è stata eseguita senza alcun ingrandimento, usando la lampada del riunito come unica sorgente di illuminazione per illuminare il campo operatorio. Nessuna sorpresa, pertanto, se fino a poco tempo fa la percentuale di successo dopo chirurgia era molto più bassa se paragonata a quella dell'endodonzia ortograda [7]. Per migliorare la visibilità sono diventati disponibili gli occhiali telescopici e le lampade frontali. Gli occhiali telescopici sono disponibili in una grande varietà di configurazioni e di ingrandimenti, da 2x fino a 6x, con ottica galileiana o prismatica. Con l'aggiunta delle lampade frontali con fibre ottiche si riesce a proiettare una luce coassiale nel campo chirurgico, per cui migliorano sia l'ingrandimento sia l'illuminazione.

D'altra parte ci si è presto resi conto dei limiti di tali sistemi. L'ingrandimento di 6x a un certo punto non è più sufficiente e la lampada frontale non è capace di indirizzare la luce in profondità all'interno del canale sia in endodonzia chirurgica sia in endodonzia ortograda. Inoltre a tale ingrandimento il campo visivo diventa piuttosto piccolo e la profondità di campo molto ridotta, con conseguente affaticamento visivo e del collo.

Il microscopio operatorio, invece, consente di lavorare a ingrandimenti che variano da 2,5x fino a un massimo di 20/25x e l'illuminazione è sempre perfettamente coassiale con lo sguardo dell'operatore.

Per quanto riguarda l'ingrandimento, si lavora sempre al minimo/medio e si usa l'ingrandimento massimo solamente per controllare. Lavorare a forti ingrandimenti infatti significa avere una profondità di campo molto limitata e un'illuminazione anch'essa limitata, per cui non è pratico [4]. Per quanto riguarda l'illuminazione coassiale, questa comporta due vantaggi:

1. l'operatore può guardare all'interno del campo operatorio senza alcuna ombra e ciò significa che è possibile esaminare la detersione delle pareti della cavità retrograda durante l'intervento di endodonzia chirurgica;

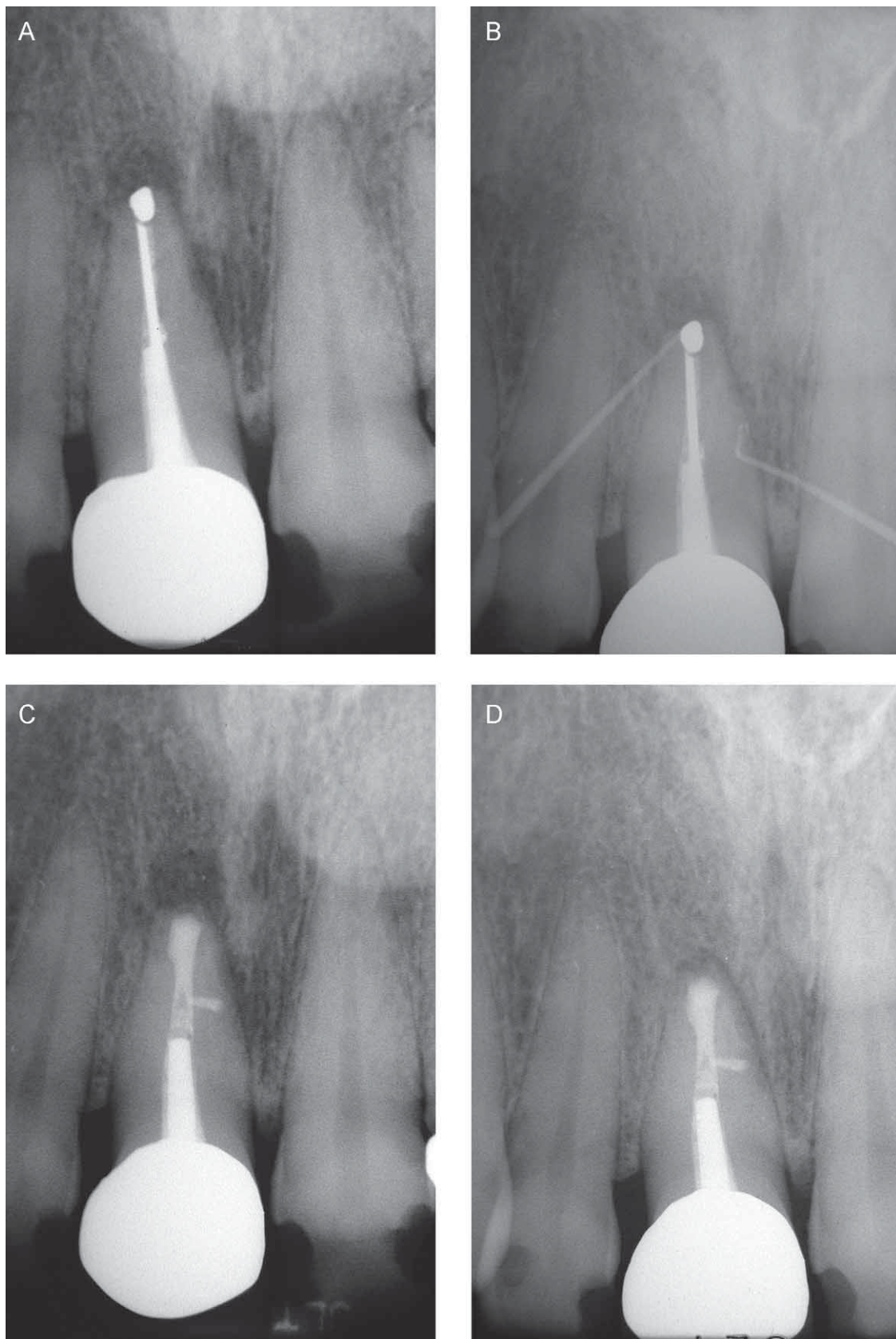


Figura 1 Un tipico esempio di endodonzia chirurgica. A. Radiografia pre-operatoria. B. Sono presenti due tragitti fistolosi. C. Radiografia post-operatoria: sono stati ritrattati per via chirurgica sia il canale principale sia il canale laterale. D. Radiografia di controllo dopo due anni.

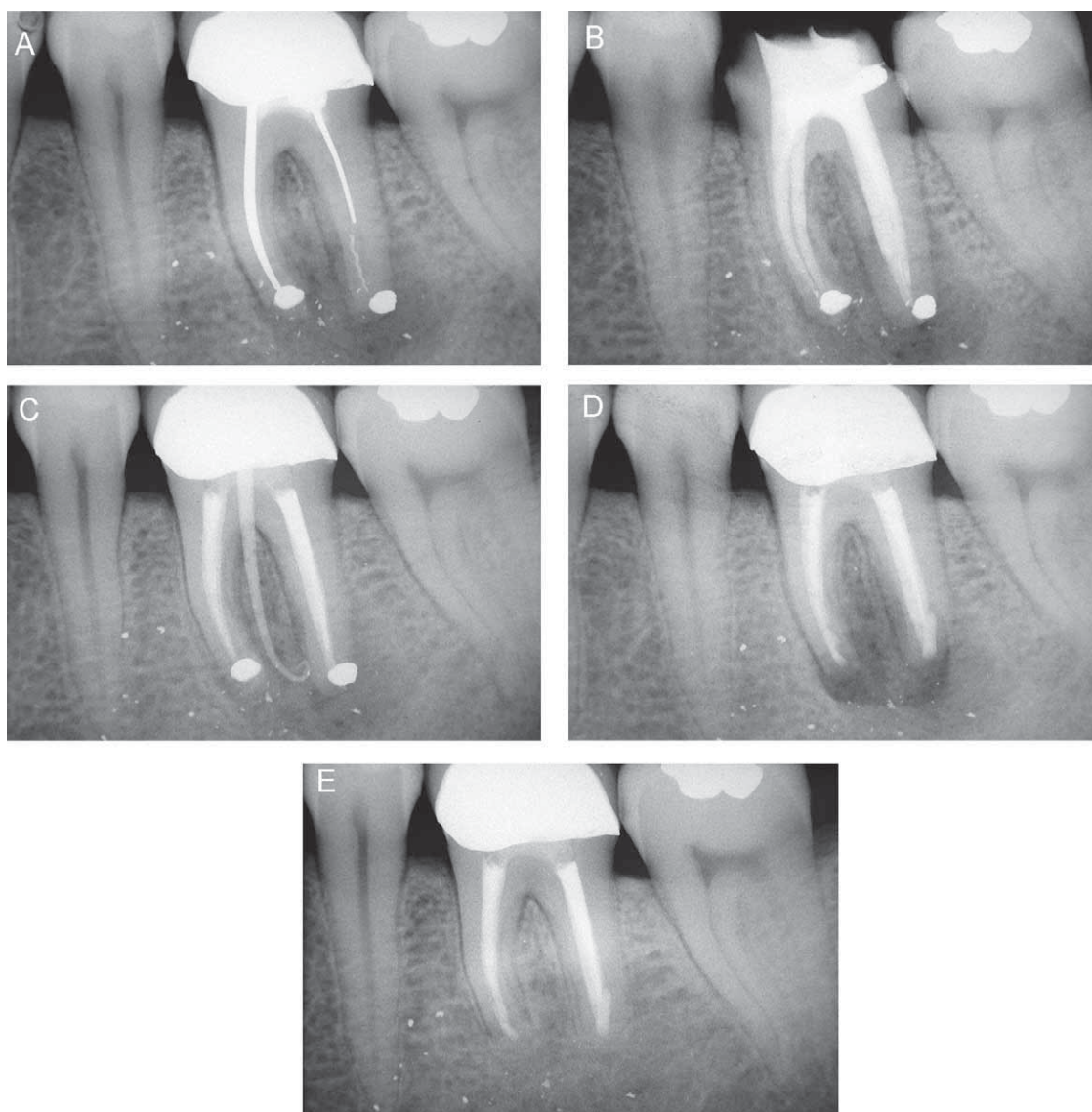


Figura 2 Un tipico esempio di chirurgia endodontica: l'intervento è stato eseguito dopo il fallimento di una terapia ortograda male eseguita. A. Radiografia pre-operatoria. B. Radiografia post-operatoria dopo il ritrattamento ortogrado. C. Dopo pochi mesi la paziente si ripresenta con una fistola: ora c'è l'indicazione al ritrattamento chirurgico. D. Radiografia post-operatoria: le otturazioni retrograde sono state eseguite con SuperEBA. E. Radiografia di controllo dopo due anni.

2. dal momento che l'illuminazione coassiale è resa possibile nel microscopio operatorio dall'utilizzo di un'ottica galileiana e poiché l'ottica galileiana consente una messa a fuoco all'infinito e manda raggi di luce paralleli tra loro, gli occhi dell'operatore mettono anch'essi a fuoco all'infinito e ogni intervento può essere eseguito senza alcun affaticamento visivo.

In conclusione, l'utilizzo del microscopio operatorio in endodonzia chirurgica comporta numerosi vantaggi:

- una migliore visualizzazione del campo operatorio;
- una migliore valutazione della tecnica chirurgica;
- una maggiore accuratezza durante tutte le fasi dell'intervento;
- una maggiore predicibilità di successo a lungo termine.

Per tutti questi motivi, l'autore è fortemente convinto che l'endodonzia chirurgica deve essere eseguita interamente ed esclusivamente con l'utilizzo del microscopio

operatorio, a cominciare dall'iniezione della soluzione anestetica per terminare con la rimozione delle suture.

Con il microscopio, infatti, l'incisione fatta con il microbisturi è più accurata, il trauma ai tessuti molli è minore, il sollevamento del lembo è più accurato e passivo e, più tardi, il riposizionamento dei tessuti è più facile e più preciso. All'ingrandimento minimo può essere osservato l'intero campo chirurgico (*fig. 4*) e si può ad esempio cercare e reperire il nervo mentoniero (*fig. 5*), le dimensioni della breccia ossea sono minime (di solito <5 mm), sufficienti a introdurre le punte da ultrasuoni generalmente della lunghezza di 3 mm (*fig. 6*). All'ingrandimento medio si esegue un'accurata preparazione della cavità retrograda la cui detersione viene controllata all'ingrandimento massimo (*fig. 7*).

Dal punto di vista ergonomico, l'endodonzia chirurgica necessita dell'aiuto di due assistenti. Il primo assistente

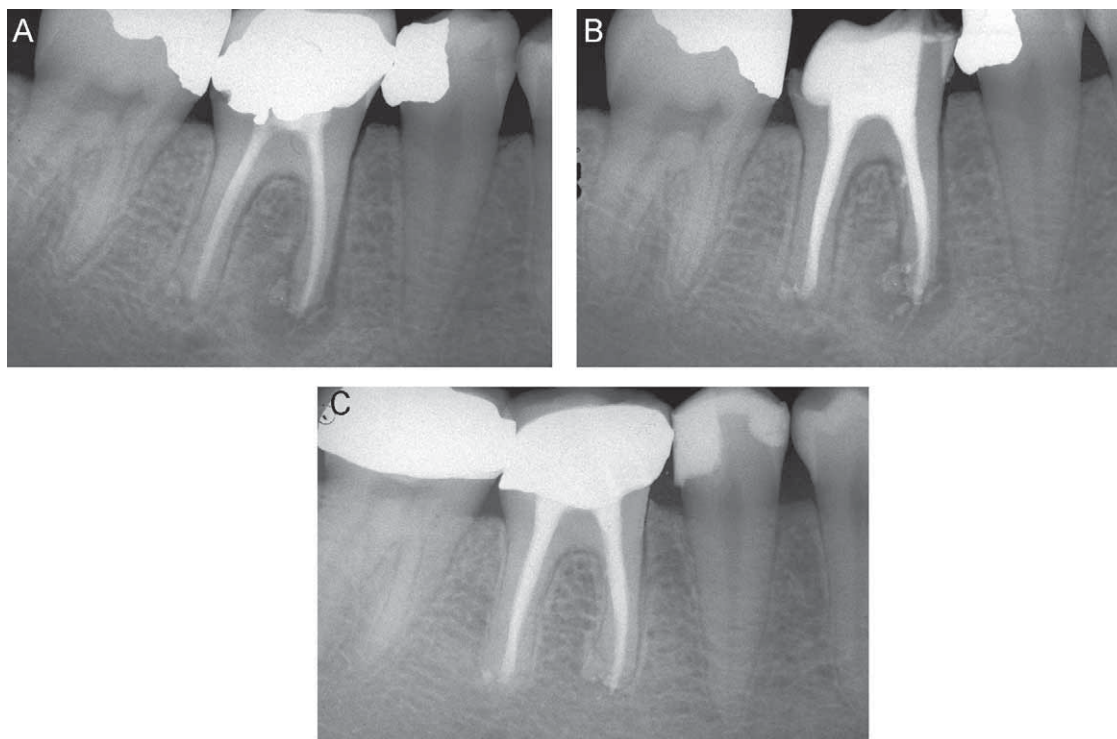


Figura 3 A. Per la presenza di materiale oltre apice e la vicinanza della precedente otturazione canalare alla biforcazione, potrebbe essere indicato il ritrattamento chirurgico. B. È stato eseguito il ritrattamento ortograde che ha evidenziato la presenza di due canali dimenticati, il distolinguale e il canale mesiale mediano, entrambi con forame indipendente. C. La radiografia di controllo eseguita dopo 5 anni mostra la completa guarigione della lesione e la completa scomparsa del materiale oltre apice, a conferma che il “granuloma da corpo estraneo” è una scusa inventata da chi non vuole e non sa preparare i canali in tutta la loro lunghezza e preferisce restare “corto”.

lavora seduto e segue l'intervento attraverso il suo oculare e ha il solo compito di tenere sotto controllo il sanguinamento del campo chirurgico in modo da garantire sempre la massima visibilità all'operatore. Il secondo assistente segue

l'intervento attraverso il monitor stando in piedi alla destra dell'operatore e ha il compito di mettere gli strumenti giusti al momento giusto tra le dita dell'operatore, il quale li riceve senza togliere lo sguardo dal suo oculare (*fig. 8*).



Figura 4 A piccolo ingrandimento può essere osservato l'intero campo operatorio.

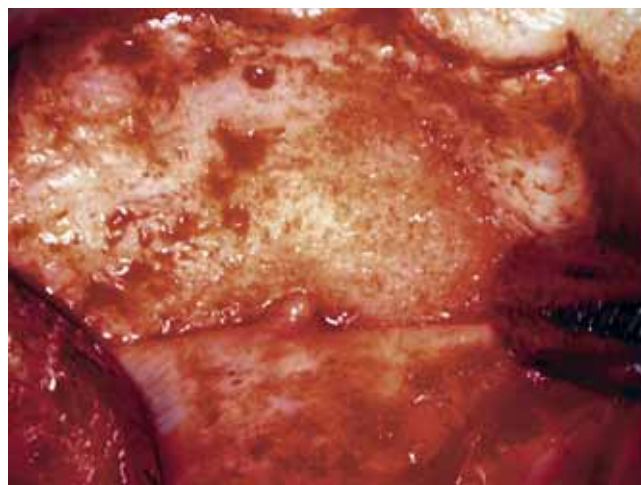


Figura 5 Durante l'intervento chirurgico in un quadrante inferiore è necessario localizzare il nervo mentoniero per evitare qualsiasi danno a questa importante struttura anatomica. La foto è stata eseguita attraverso il microscopio.

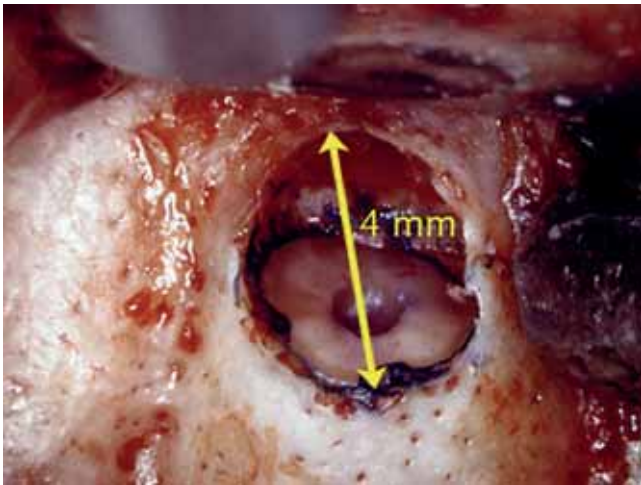


Figura 6 La breccia ossea deve essere sufficientemente ampia da consentire l'introduzione delle punte da ultrasuoni.



Figura 8 Il microscopio operatorio consente anche una posizione di lavoro più ergonomica.

Le punte da ultrasuoni

Oggi è disponibile una grande varietà di punte da ultrasuoni da utilizzare per creare quella che è stata definita come cavità retrograda ideale: una cavità di I classe, in asse con il canale radicolare, profonda almeno 3 mm e perfettamente

detersa in tutta la sua estensione. Le prime retrotip introdotte sul mercato sono state quelle disegnate da Gary Carr [5], disponibili in diverse misure, come le punte standard CT (fig. 9) e le punte più piccole, chiamate SLIM JIM (fig. 10). Una punta particolare per lavorare in radici con una forte

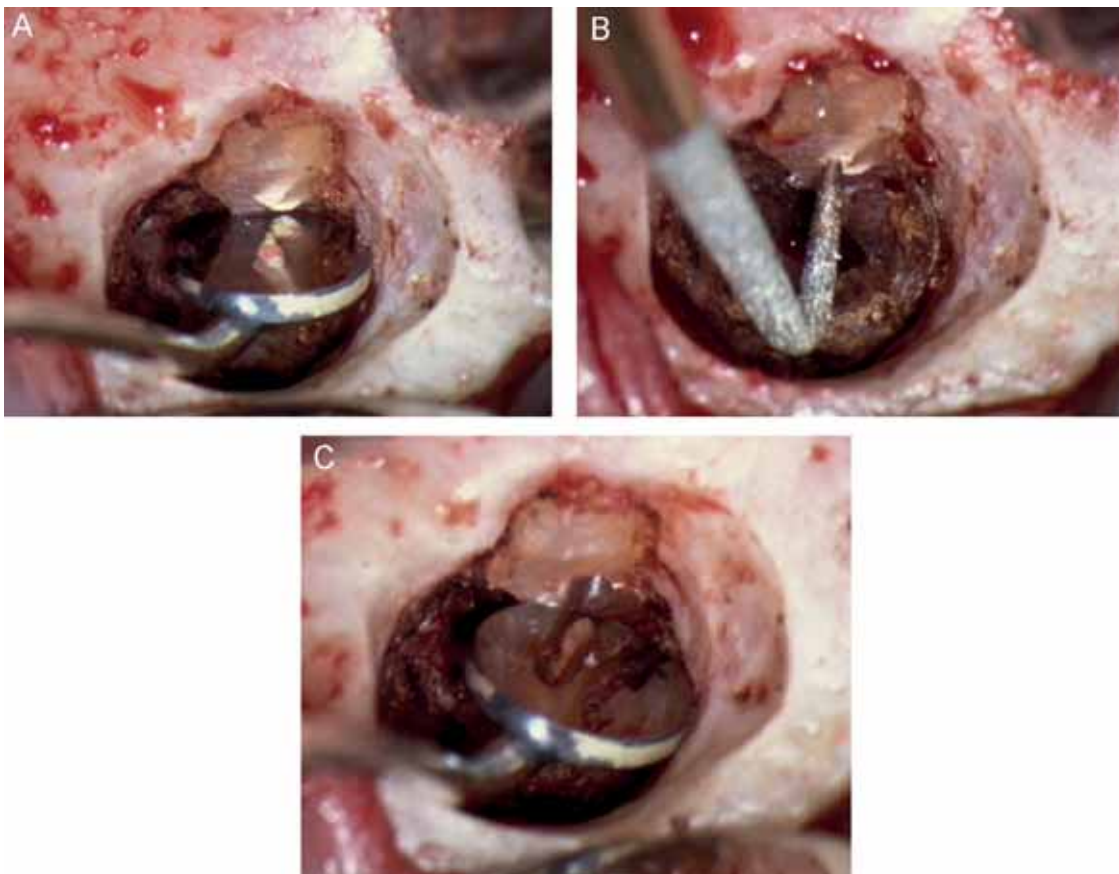


Figura 7 A. Il micro-specchietto di 3 mm di diametro entra comodamente nella piccola breccia ossea. Si noti l'otturazione eseguita con la condensazione laterale a freddo nella radice mesiale di questo primo molare inferiore. B. La punta da ultrasuoni si appresta a preparare la cavità retrograda. C. L'operatore sta ora esaminando la detersione della cavità appena eseguita.



Figura 9 Le punte da ultrasuoni standard disegnate da Gary Carr. Da sinistra a destra: CT 1, CT 5, Back Action Tip.



Figura 10 Le piccole punte SLIM JIM n. 1 e n. 5.

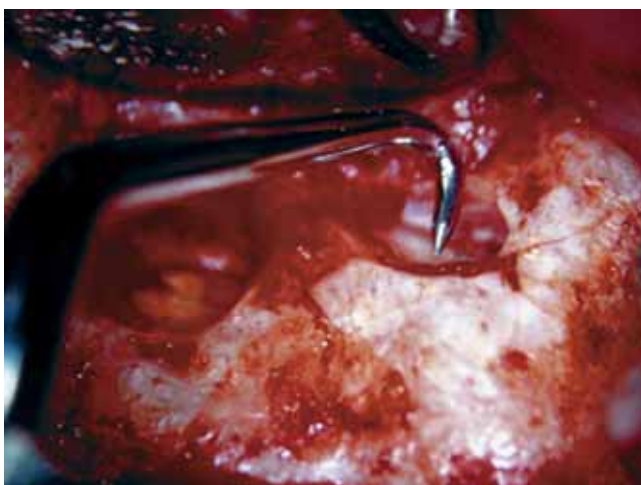


Figura 11 La Back Action Tip è particolarmente indicata nella preparazione della cavità retrograda di radici con inclinazione linguale molto pronunciata, come nell'incisivo laterale superiore della foto.

inclinazione linguale è la cosiddetta Back Action Tip, anch'essa disegnata da Gary Carr (*fig. 11*). Recentemente, Syngcuk Kim e Cliff Ruddle hanno disegnato delle nuove punte fatte in acciaio e rivestite di nitrato di zirconio. Si tratta delle punte da ultrasuoni KiS (Obtura Spartan) e delle ProUltra (Dentsply, Tulsa Dental) (*fig. 12a*). Queste nuove punte hanno numerosi vantaggi:

- sono più aggressive e tagliano la dentina più rapidamente;
- la porta di irrigazione è stata posizionata vicino alla punta lavorante, con aumentata efficacia e maggiore quantità di irrigazione durante la preparazione della cavità retrograda (*fig. 12b*);
- sono leggermente più lunghe delle altre punte, per consentire un migliore accesso nelle zone difficili da raggiungere.

Sono anche disponibili punte rivestite di diamante, come quelle disegnate da Elio Berutti (*fig. 13*), o punte con tre diverse curvature, appositamente disegnate da Bertrand Khayat per raggiungere zone di difficile accesso (*fig. 14*). Dello stesso autore infine sono le nuove punte rispettivamente di 3, 6 e 9 mm (EndoSuccess, Satelec) per detergere



Figura 12 A. Le punte da ultrasuoni Pro Ultra disegnate da Cliff Ruddle. B. Si noti la porta per l'irrigazione molto vicina all'estremità lavorante.



Figura 13 Le punte disegnate da Elio Berutti con il rivestimento di diamante (EMS).



Figura 14 Le punte BK3 disegnate da Bertrand Khayat (Analytic Endodontics) con tre curvature appositamente costruite per lavorare con facilità nei settori posteriori.



Figura 15 Le nuove punte EndoSuccess disegnate da Bertrand Khayat (Satelec) di dimensioni rispettivamente 3, 6 e 9 mm.



Figura 16 Il ProRoot MTA bianco (Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma).

i canali radicolari più in profondità e preparare cavità retrograde più profonde, dove i casi lo richiedono (*fig. 15*).

Il Mineral Trioxide Aggregate

Il materiale considerato oggi come materiale di elezione per otturazioni retrograde è il Mineral Trioxide Aggregate (Pro-Root MTA, Dentsply Tulsa Dental) (*fig. 16*). Si tratta di una polvere che consiste di piccole particelle idrofile di silicato tricalcico, alluminato tricalcico, ossido tricalcico e ossido di silicio. Contiene anche piccole quantità di altri ossidi minerali che modificano le sue proprietà chimiche e fisiche e rendono il materiale radiopaco. L'idratazione della polvere risulta in un gel colloidale che solidifica in una struttura dura in circa 3-4 ore [6]. Questo cemento è diverso dagli altri materiali usati in precedenza (amalgama, IRM, SuperEBA), grazie alla biocompatibilità, alle proprietà antibatteriche, all'adattamento marginale e alle proprietà sigillanti, ma più di ogni altra cosa per la sua idrofilia [6].

I materiali usati per sigillare una cavità retrograda in endodonzia chirurgica sono inevitabilmente in contatto con il sangue e con altri fluidi tissutali. L'umidità può giocare un ruolo importante per il suo potenziale effetto sulle proprietà fisiche e sulle capacità sigillanti dei materiali restaurativi [8]. Come è stato dimostrato da Torabinejad et al. [8], l'MTA è l'unico materiale che non è danneggiato se viene in contatto con il sangue o con un ambiente umido: la presenza o l'assenza del sangue sembra infatti non influenzare le proprietà sigillanti del Mineral Trioxide Aggregate. Addirittura, l'MTA indurisce solo in presenza di umidità [6]. Per questi motivi, l'MTA è considerato oggi il materiale di elezione per gli incappucciamenti diretti, per l'otturazione degli apici immaturi, per riparare le perforazioni e per sigillare le cavità retrograde in endodonzia chirurgica [6].

In conclusione, il Mineral Trioxide Aggregate (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental) ha numerosi vantaggi:

- è facile da miscelare e da posizionare all'interno della cavità con gli appositi piccoli carrier;

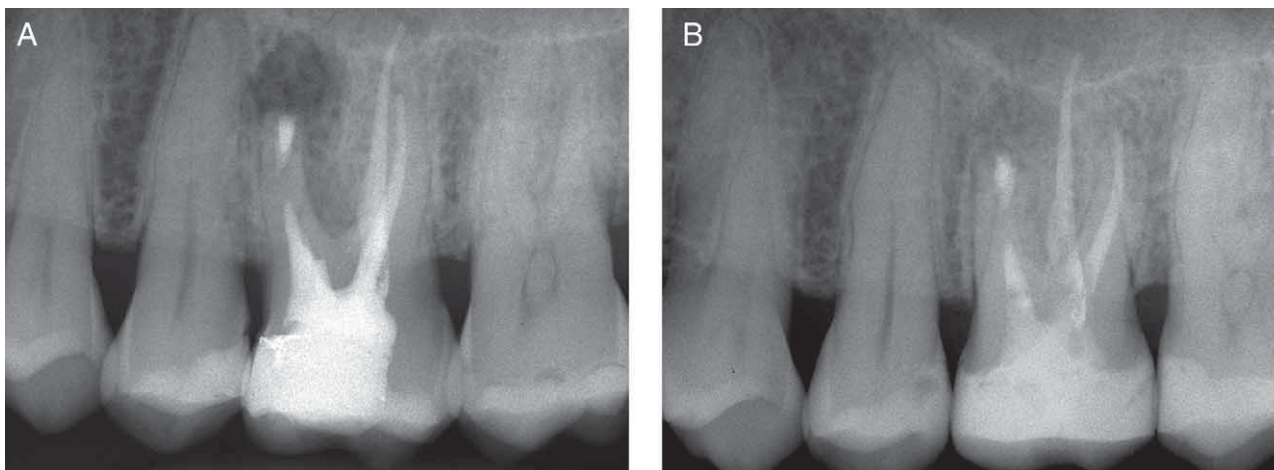


Figura 17 A. Radiografia post-operatoria. B. Controllo dopo due anni. Si noti la perfetta guarigione.

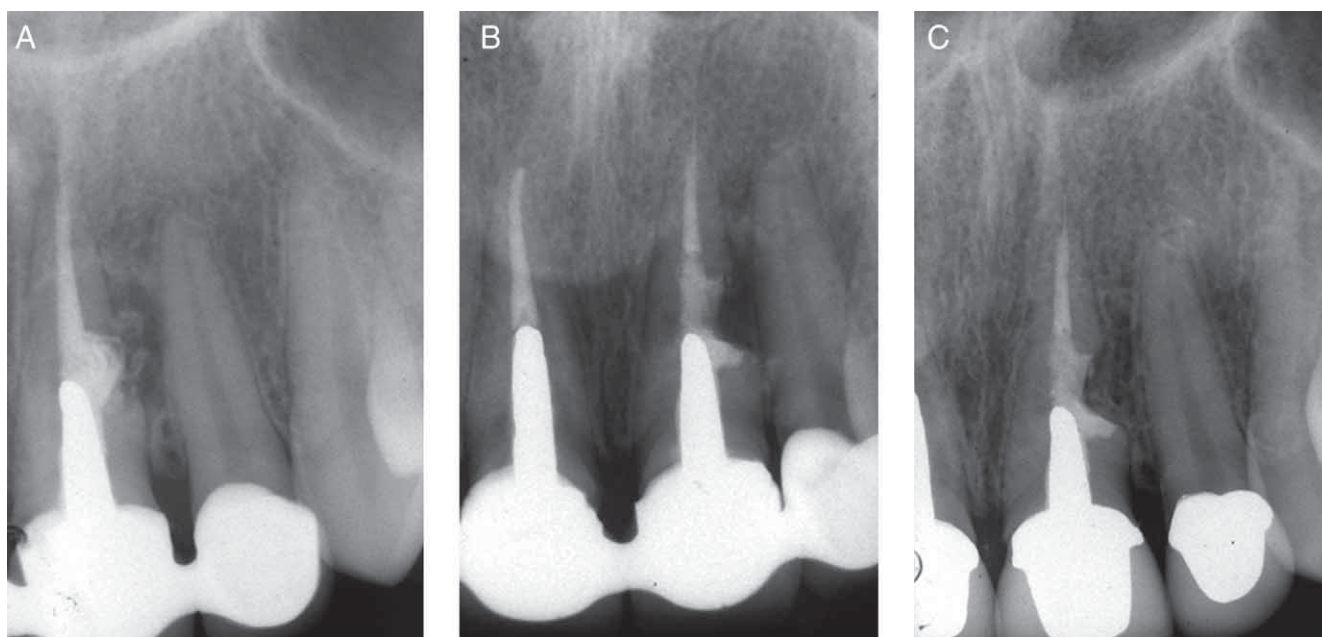


Figura 18 A. Radiografia pre-operatoria. B. Radiografia post-operatoria. C. Controllo dopo due anni. Si noti la perfetta guarigione.

- dal momento che indurisce in presenza di umidità, non è sensibile all'ambiente umido e non viene danneggiato se contaminato dal sangue;
- sigilla meglio rispetto all'amalgama, al SuperEBA e all'IRM;
- ha un migliore adattamento alle pareti di dentina circostante;
- ha un'eccellente biocompatibilità,
- attiva la cementogenesi (fig. 17a,b e fig. 18a-c).

Tecnica micro-chirurgica

Anestesia

In endodonzia chirurgica l'anestetico ha due ruoli:

1. fornire un'anestesia profonda non solo per la durata dell'intervento, ma anche per lunghi periodi di tempo dopo l'intervento;

2. garantire una buona emostasi [9].

Per questo motivo, l'anestesia di elezione è rappresentata dalla lidocaina al 2% con epinefrina 1:50.000 (fig. 19). Le altre soluzioni anestetiche con minor concentrazione di epinefrina sono controindicate, in quanto l'eccessivo sanguinamento della zona chirurgica compromette la visibilità durante l'intervento. La *lenta* somministrazione della soluzione anestetica con epinefrina 1:50.000 non ha controindicazioni, nemmeno in pazienti compromessi da un punto di vista medico. L'utilizzo del microscopio anche durante la somministrazione dell'anestetico è di grande aiuto per evitare di iniettare vicino a grossi vasi capillari e può garantire l'assenza completa di sanguinamento dopo che l'ago è stato rimosso.

L'introduzione dell'ago deve avvenire per *pochi millimetri* all'interno della mucosa alveolare, subito al di sopra della linea muco-gengivale. L'anestetico deve essere iniettato *molto lentamente*, poche gocce per volta, e l'ago non deve



Figura 19 L'uso dell'anestetico con vasocostrittore alla concentrazione di 1:50.000 è la condizione necessaria per poter eseguire l'intervento chirurgico.

arrivare a depositare il liquido all'interno delle fibre muscolari. Infatti, iniettato nella sotto-mucosa l'anestetico attiverà i recettori "alfa", responsabili della vasocostrizione. Se iniettato all'interno delle fibre muscolari esistenti più in profondità nel fornice, verranno attivati i recettori "beta" responsabili della vasodilatazione [10].

Infine, una volta iniettata la quantità di anestetico necessaria (in genere una tubofiala è sufficiente), è consigliabile aspettare 15/20 minuti prima di iniziare l'intervento con l'incisione dei tessuti molli, per essere sicuri di aver ottenuto una buona ischemia dei tessuti stessi. In presenza di grandi lesioni nell'arcata superiore o di radici palatine, è consigliabile eseguire una buona anestesia anche dal lato palatino. Per quanto riguarda infine l'anestesia all'arcata inferiore, una volta ottenuta l'anestesia dell'emimandibola con la classica anestesia tronculare senza vasocostrittore, si esegue l'anestesia plessica nella zona dell'intervento seguendo le stesse regole viste prima per l'arcata superiore.

Incisione

Utilizzando sotto il microscopio i mini-bisturi (*fig. 20*) anche a piccolo ingrandimento, il chirurgo può eseguire incisioni



Figura 20 Il micro-bisturi CK2 (CK Dental) paragonato alla lama Bard-Parker n. 15.



Figura 21 La brutta cicatrice mostra la guarigione dopo un'incisione semilunare. L'incisione tra l'altro è stata fatta invertita, con la concavità rivolta coronalmente anziché apicalmente.

molto precise con danni assolutamente minimi ai tessuti molli. Le incisioni più comunemente usate e descritte in letteratura sono la "semilunare", la "marginale" e la "para-marginale". L'incisione semilunare viene eseguita nella mucosa alveolare e ha numerosi inconvenienti: seziona i vasi sanguigni dove questi sono di ampio calibro, con conseguente sanguinamento, è situata in posizione molto apicale e non consente di esplorare la radice più coronalmente se questo si rende necessario, è difficile da suturare ed esita spesso in cicatrici deturpanti, con formazione di frenuli e parafrenuli (*fig. 21*).

L'incisione marginale viene eseguita introducendo il bisturi nel solco gengivale e pertanto è l'incisione che mette completamente a nudo la superficie radicolare. Per questo motivo è indicata la dove c'è il sospetto di frattura verticale di radice (*fig. 22*). L'unico svantaggio di tale tipo di lembo sta nel fatto che comporta il coinvolgimento dell'attacco parodontale e pertanto è controindicato in presenza di corone protesiche o se si teme l'insorgenza di problemi estetici.

Se è presente una sufficiente quantità di gengiva aderente, è preferibile l'incisione para-marginale (Oshenbein-Leubke), allo scopo di preservare l'esistente attacco epiteliale. Tale incisione viene eseguita in gengiva aderente, circa un millimetro coronalmente rispetto alla linea muco-gengivale. Se invece esiste una quantità limitata di gengiva aderente o se esistono radici corte o lesioni periapicali di ampie dimensioni, o ancora quando deve essere esaminato l'aspetto cervicale della radice per il sospetto della presenza di una frattura verticale, in questi casi il lembo di elezione è quello di forma triangolare o rettangolare con un'incisione sulcolare.

L'incisione para-marginale ha due componenti verticali e una orizzontale. Le componenti verticali sono dette incisioni di rilasciamento e contribuiscono al sollevamento e alla retrazione passiva del lembo. La componente orizzontale è festonata, allo scopo di facilitare il riposizionamento dei tessuti, ma non è bisellata, come si faceva una volta. L'incisione infatti fino a poco tempo fa veniva eseguita bisellata, allo scopo di evitare cicatrici. Recenti ricerche [9] e l'uso del microscopio operatorio hanno dimostrato invece che l'incisione a 90° rispetto al piano osseo sottostante (*fig. 23*) porta a



Figura 22 Se si sospetta la presenza di una frattura verticale di radice, il lembo più indicato è il marginale, con il quale si mette a nudo la superficie vestibolare della radice e si rende così ben visibile l'eventuale frattura in tutta la sua estensione.

un riposizionamento e quindi a una sutura molto più precisi e quindi a una guarigione per prima intenzione, con assenza totale di cicatrice. L'incisione bisellata poteva portare allo scivolamento del lembo, a uno scorretto riposizionamento e quindi alla guarigione per seconda intenzione, unica vera causa dell'esistenza di cicatrici.

In entrambi i tipi di lembo, il sollevamento deve essere *sottominato* (fig. 24a-c), in maniera da ridurre il trauma ai tessuti molli: il sollevamento del lembo comincia a livello dell'incisione verticale di rilasciamento mesiale e continua verso i margini coronali in direzione apico-coronale.

Osteotomia

Utilizzando una fresa chirurgica rotonda (fig. 25) montata sull'apposito manipolo da alta velocità e sotto abbondante irrigazione con soluzione fisiologica, l'operatore comincia la rimozione di osso per isolare l'apice radicolare. Se l'osso corticale è stato perforato dalla lesione o se è presente una fistola, la localizzazione dell'apice radicolare risulta molto



Figura 23 L'incisione paramarginale festonata deve essere eseguita appoggiando il bisturi con un angolo di 90° ai tessuti sottostanti.

più facile e la rimozione ossea è minima. Se invece l'osso corticale è ancora intatto, la gentile rimozione continua fino a che non viene percepita una differenza di colore: la dentina giallognola può essere infatti facilmente riconosciuta dall'osso bianco circostante. La breccia ossea deve essere sufficientemente ampia da consentire una buona visibilità e da permettere l'utilizzo di tutti gli strumenti necessari: curette, punte da ultrasuoni, micro-plugger. Una volta identificato l'apice radicolare, la lesione viene rimossa in toto per garantire un miglior controllo del sanguinamento e, in seguito, una più rapida guarigione. La rimozione completa della lesione è tuttavia controindicata nel caso in cui un curettage aggressivo potrebbe danneggiare strutture anatomiche vicine importanti, come il nervo mentoniero, il nervo alveolare inferiore, il seno mascellare, il pavimento delle fosse nasali o i peduncoli vascolari di denti adiacenti vitali. È ben noto infatti come la guarigione delle lesioni di origine endodontica proceda dopo la sola rimozione degli agenti contaminanti dal sistema dei canali radicolari e non semplicemente rimuovendo per via chirurgica il tessuto infiammato [1].

Resezione apicale

Una volta isolato l'apice, si procede all'esecuzione della vera "apicectomia". Anziché tagliare preventivamente 3 mm di apice radicolare, l'autore preferisce consumare l'apice appoggiandoci sopra l'apposita fresa e continuare a tagliare fino a che il canale non risulta esattamente al centro della superficie di taglio. Nel caso in cui i canali siano due, essi devono essere circondati da un'uguale quantità di dentina, sia in senso vestibolare che linguale, e tale quantità deve essere sufficiente a garantire la preparazione di una corretta cavità retrograda senza rischiare di eseguire involontarie scheggiature o fratture radicolari.

La resezione apicale viene eseguita utilizzando una fresa ossivora di Lindemann (fig. 26) montata su manipolo da alta velocità specificatamente disegnato per la chirurgia orale (fig. 27). Esso è caratterizzato dall'aver la fuoriuscita di solo

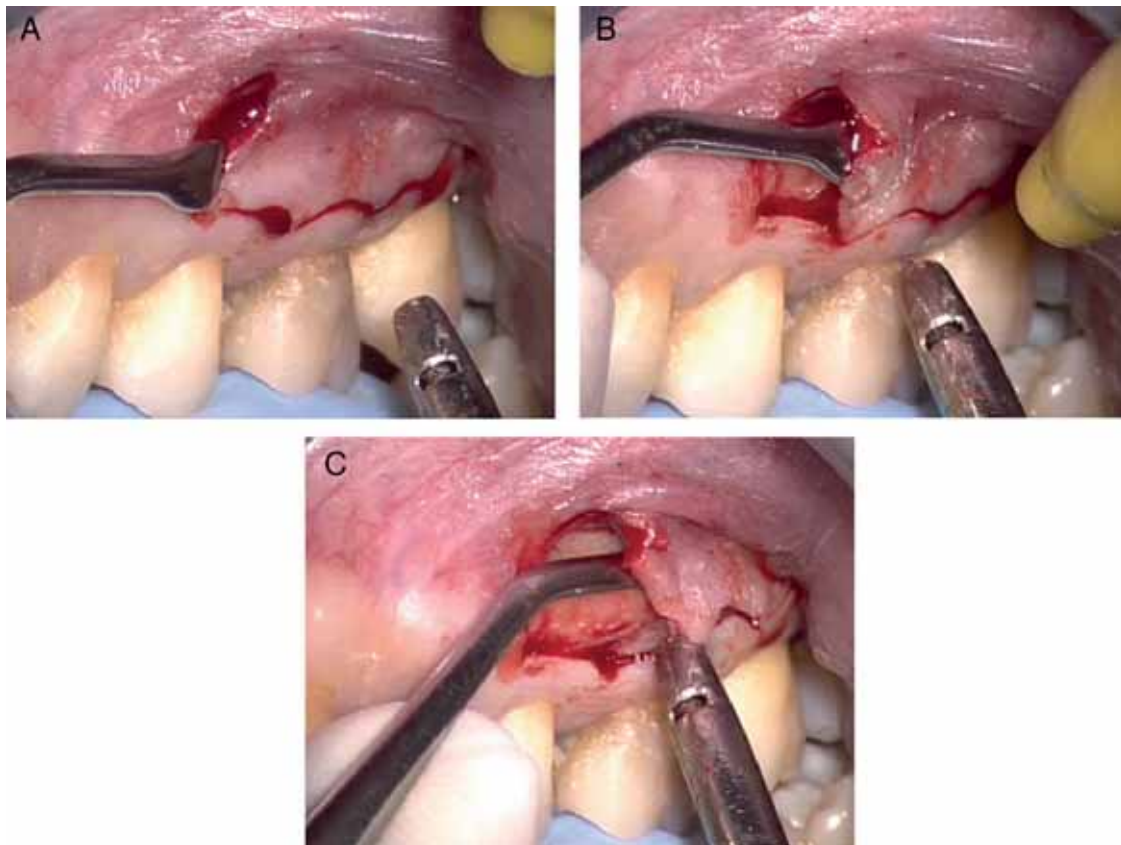


Figura 24 A-C. Il lembo deve essere scollato sottominandolo in direzione mesio-distale e non corono-apicale, per non ledere il periostio lacerandolo.

liquido di raffreddamento senza aria, per eliminare il pericolo di creare embolismi, e inoltre la fresa è montata con un angolo di 45° per migliorare la visibilità sotto il microscopio, soprattutto nei settori posteriori. La fresa deve essere orientata quasi perpendicolarmente all'asse lungo della radice (*fig. 28*) e la resezione deve essere completa sia in direzione vestibolo-linguale sia in senso mesio-distale [1,11].

Il microscopio è molto utile nella localizzazione del canale radicolare, per valutare la presenza di eventuali porte di uscita accessorie (canali laterali), per localizzare e quindi eliminare l'eventuale materiale da otturazione estruso o l'eventuale vecchia otturazione in amalgama che sta fallendo. È utile inoltre per documentare l'esistenza di un'eventuale frattura radicolare a partenza apicale e la presenza di canali accessori sulla superficie radicolare. Il metodo migliore per ispezionare la superficie della radice bisellata consiste nell'utilizzare una piccola quantità di colorante, come il blu di metilene (*fig. 29*). In questa maniera sarà molto più facile verificare se la radice è stata completamente sezionata, se è presente un istmo o se è presente una frattura verticale a partenza apicale (*figg. 30a-c e 31*).

Controllo del sanguinamento

È estremamente importante che l'otturazione retrograda venga eseguita in un campo asciutto. Per questo scopo, il sanguinamento all'interno della breccia ossea deve essere



Figura 25 In alto sono visibili due frese a rosetta da alta velocità di diverso calibro.



Figura 26 La fresa di Lindemann con lame lisce.



Figura 27 La turbina Impact Air 45 appositamente studiata per l'uso chirurgico a prevenire la formazione di enfisemi nei tessuti molli circostanti.

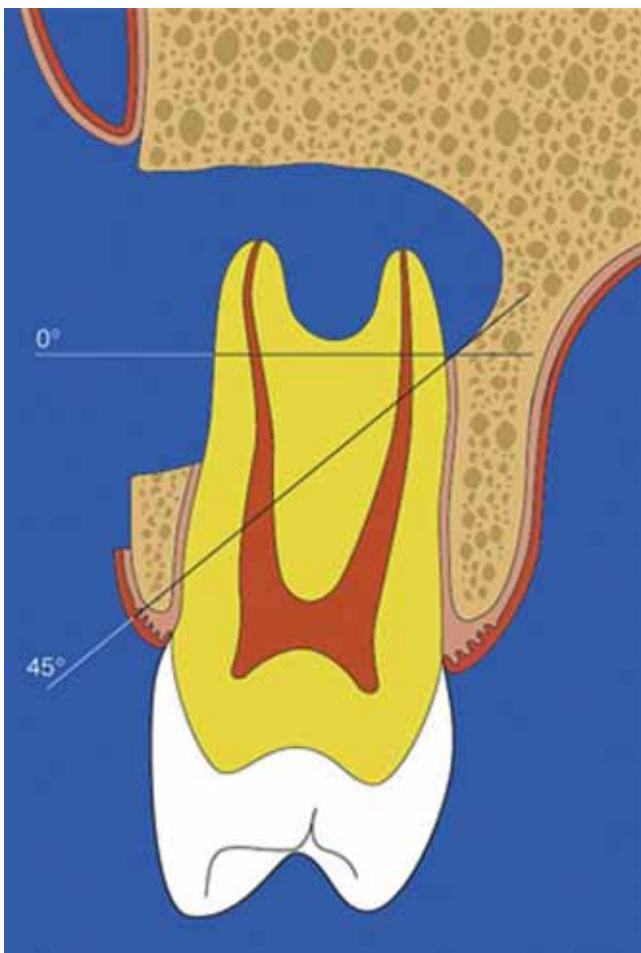


Figura 28 La resezione apicale viene eseguita con un taglio della radice quasi a 90°. Si noti quanta struttura dentale doveva esser sacrificata una volta quando veniva eseguito un bisello a circa 45° per poter poi eseguire la cavità retrograda con le frese.



Figura 29 Il blu di metilene viene utilizzato per esaminare la superficie della radice sezionata. Si controlla così se il taglio ha interessato l'intera radice in senso vestibolo-linguale, se sono presenti più forami o per evidenziare una frattura radicolare a partenza apicale.

completamente eliminato e controllato. L'assistente dentale utilizza una piccola cannula aspirante e segue l'intero intervento attraverso il suo oculare al microscopio, aiutando a mantenere il campo asciutto e quindi assicurando all'operatore una buona visibilità. Se l'aspirazione non è sufficiente a mantenere il campo asciutto e ad allontanare il sanguinamento dalla superficie radicolare bisellata, si possono utilizzare poche gocce di soluzione anestetica con epinefrina 1:50.000 imbevendone una piccola garza sterile e premendola contro le pareti della breccia ossea per alcuni minuti.

Un'altra metodica ancora più efficace per eliminare completamente il sanguinamento dall'interno della breccia ossea consiste nell'utilizzo del solfato ferrico, che provoca

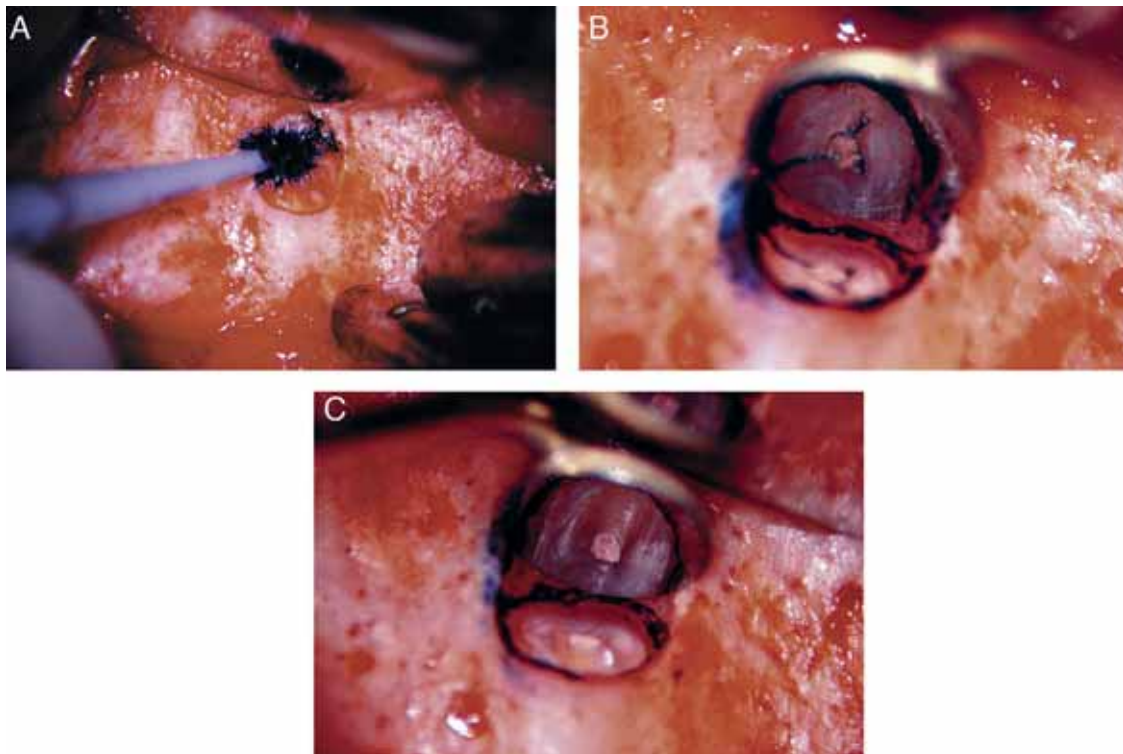


Figura 30 A-B. La frattura verticale apicale è ora evidente. C. Dopo aver consumato circa un millimetro di struttura radicolare la frattura è scomparsa, pertanto la prognosi del dente resta ottima.

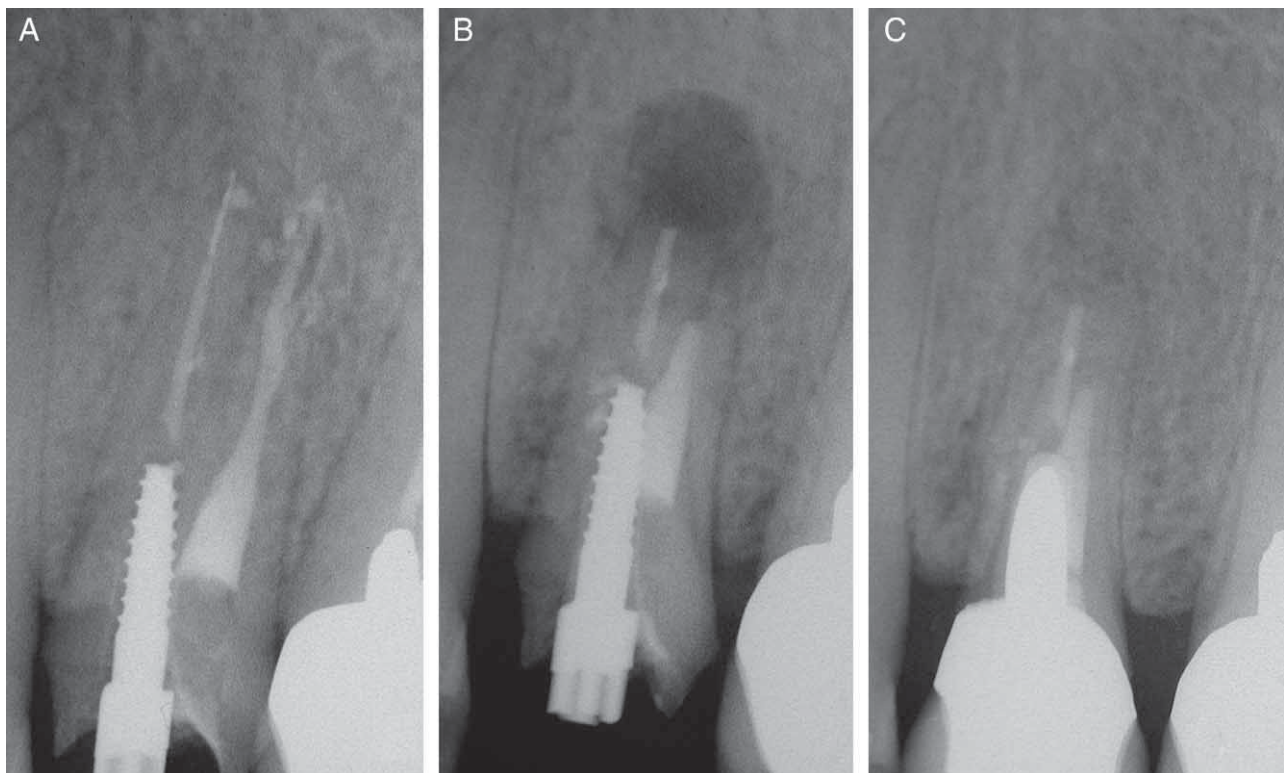


Figura 31 Stesso caso della figura precedente. A. Radiografia pre-operatoria. Il primo premolare superiore di destra ha uno strumento fratturato nella radice palatina e gutta-perca estrusa dalla radice vestibolare. Durante l'intervento chirurgico è risultato evidente il fatto che la gutta-perca è stata estrusa attraverso la frattura apicale avvenuta durante l'otturazione eseguita con condensazione laterale a freddo. B. Radiografia post-operatoria. C. Radiografia di controllo dopo due anni. Dopo che la frattura è stata eliminata dalla fresa che ha eseguito il taglio della radice, la prognosi è tornata a essere ottima.

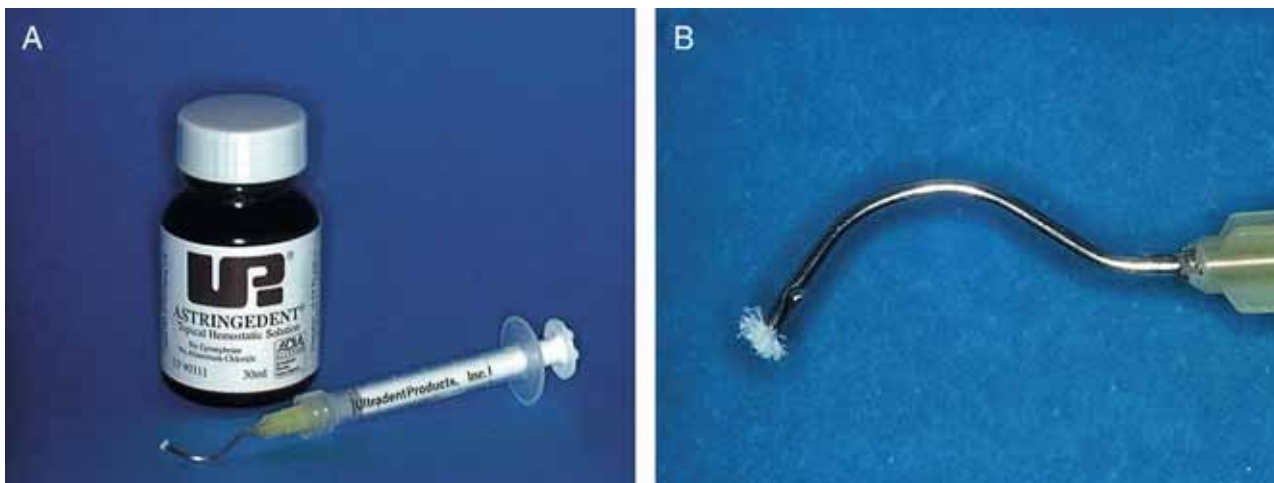


Figura 32 A. Il solfato ferrico con l'apposita siringa per il suo utilizzo nella breccia ossea. B. Particolare della siringa che all'estremità ha un piccolo pennello per "pennellare" delicatamente la zona sanguinante.

un'ottima emostasi istantanea, avendo un pH estremamente basso (0,21) e causando una rapida coagulazione intravascolare (fig. 32a,b).

L'uso del solfato ferrico non ha controindicazioni, ma non deve essere utilizzato in contatto con importanti strutture anatomiche, come il nervo alveolare inferiore, il nervo mentoniero, il seno mascellare o il pavimento delle fosse nasali. Il suo uso deve anche essere evitato al di sopra dell'osso corticale o dei tessuti molli. Infine, quando l'otturazione retrograda è stata completata e prima della sutura, è imperativa la rimozione completa del solfato ferrico e dei coaguli da esso provocati, allo scopo di evitare un ritardo nel processo di guarigione [12,13].

Pertanto, con l'utilizzo di una curette l'operatore provvederà alla rimozione dei coaguli e alla stimolazione del sanguinamento. Una volta che la breccia ossea si riempie di sangue, siamo pronti per eseguire la sutura.

Preparazione della cavità retrograda

Le punte da ultrasuoni devono essere posizionate perpendicolarmente alla superficie radicolare e parallelamente all'asse lungo della radice (fig. 33) e solo successivamente possono essere attivate. Le punte devono penetrare all'interno del vecchio materiale da otturazione senza incontrare alcuna resistenza. Esse, inoltre, devono essere attivate solo all'interno del canale radicolare e disattivate prima di essere rimosse dal canale. Questo allo scopo di evitare di eseguire graffi o danni di qualsiasi genere sulla superficie radicolare bisellata.

La rimozione della precedente otturazione retrograda in amalgama fallita è anch'essa facilitata dall'utilizzo delle punte da ultrasuoni, che molto spesso possono rimuovere la vecchia otturazione in un unico pezzo senza creare polvere, eliminando così i rischi di tatuaggio.

Se la radice che deve essere trattata ha due o più canali, l'operatore deve prestare molta attenzione e cercare la presenza dell'istmo. Esso infatti contiene tessuto pulpare ed eventualmente batteri come qualsiasi altro spazio endodontico e pertanto deve essere deterso e incorporato nella

preparazione della cavità retrograda (fig. 34). La mancata preparazione e il mancato sigillo dell'istmo rappresentano un invito al fallimento (figg. 35 e 36).

L'istmo talvolta è così sottile da essere difficile da osservare anche sotto il microscopio. Pertanto, come regola generale, in tutte le radici con più canali l'istmo deve sempre essere preparato, anche se non lo si riesce a vedere nemmeno con il microscopio. Una volta che è completata la preparazione della cavità retrograda con gli ultrasuoni, si esamina la



Figura 33 La punta da ultrasuoni va posizionata inattiva e deve essere attivata solo successivamente.



Figura 34 Visione stereo-microscopica della cavità retrograda eseguita in un terzo molare estratto. L'istmo è stato incorporato nella preparazione della cavità retrograda col massimo rispetto dell'anatomia canale.

sua completezza. Se sono ancora presenti frustoli, l'operatore può usare nuovamente le punte da ultrasuoni, irrigare ed esaminare di nuovo la preparazione. La cavità deve essere profonda 3 mm (*fig. 37*), con le pareti completamente libere dalla vecchia otturazione in guttaperca o dal vecchio cemento (*fig. 38*).

Il microscopio operatorio è di importanza essenziale per esaminare l'accuratezza della preparazione della cavità e questo può essere fatto utilizzando i micro-specchietti (*fig. 39*), dopo che la cavità è stata irrigata con soluzione fisiologica e asciugata con un leggero getto di aria utilizzando la siringa fornita dell'irrigatore di Stropko [14] (*fig. 40*).

Otturazione della cavità retrograda

Dal punto di vista storico, l'amalgama è stato il materiale di scelta per otturazioni retrograde per molti anni ma oggi non è più utilizzata, in quanto essa presenta numerosi svantaggi,

come la corrosione, l'espansione e l'infiltrazione. Al giorno d'oggi, i materiali più diffusamente accettati come materiali da otturazione retrograda sono i cementi a base di ossido di zinco-eugenolo, come l'IRM e il SuperEBA [15] e il Mineral Trioxide Aggregate (ProRoot MTA) [16]. I primi sono relativamente facili da manipolare, hanno un tempo di lavorazione adeguato, sono dimensionalmente stabili, sufficientemente biocompatibili, hanno azione batteriostatica, sono radiopachi, non provocano scolorimento del dente o dei tessuti molli circostanti e sono facili da rimuovere.

Il cemento SuperEBA viene mescolato fino a ottenere una consistenza molto densa, sagomato a forma di piccoli coni che restano aderenti all'estremità di un piccolo escavatore o di una piccola spatola con i quali vengono portati all'interno della preparazione apicale [17] (*fig. 41*).

Il cono di materiale raggiunge la base della cavità retrograda, mentre i lati del piccolo cono prendono contatto con le pareti. Dopo ogni introduzione di materiale, si utilizza un plugger precedentemente tarato per condensare il SuperEBA all'interno della cavità. Il materiale viene condensato in eccesso al di sopra della superficie bisellata della radice utilizzando un brunitore a palla. Una volta che il cemento è indurito, si utilizza una fresa per rifinire l'otturazione retrograda. Si controlla quindi a forte ingrandimento l'integrità del SuperEBA dopo che la superficie è stata nuovamente asciugata con l'irrigatore di Stropko. Si esegue quindi una radiografia post-operatoria, dopodiché l'operatore è pronto per riposizionare i tessuti ed eseguire la sutura.

I cementi a base di ossido di zinco-eugenolo, come già detto, sono relativamente facili da manipolare ma al tempo stesso presentano non pochi inconvenienti, e tra questi il più grave è rappresentato dalla loro sensibilità alla presenza di umidità [16].

D'altra parte è ben noto e universalmente accettato che l'isolamento del campo operatorio per il controllo dell'umidità rappresenta un grosso problema in odontoiatria in generale e in endodonzia in particolare. Per poter eseguire una corretta otturazione del sistema dei canali radicolari questi devono essere asciutti se vogliamo ottenere un buon sigillo, e deve essere accuratamente evitata la contaminazione col sangue. Durante l'esecuzione di un incappucciamento pulpare diretto l'eventuale emorragia deve essere tenuta sotto

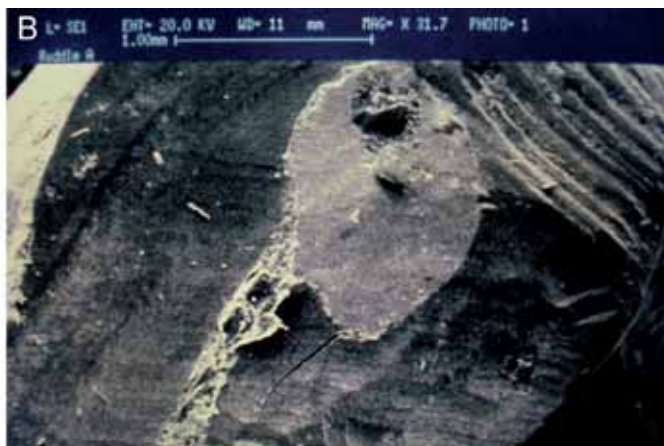
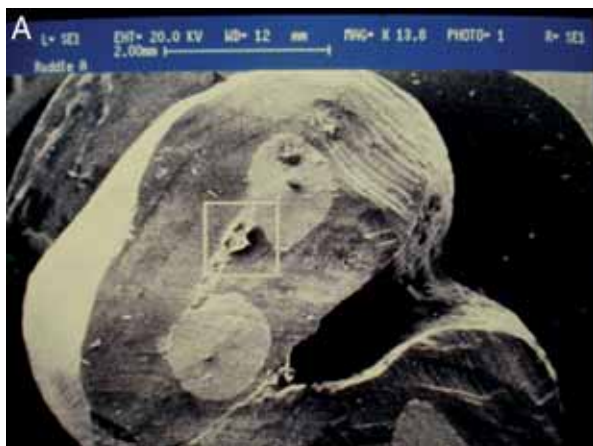


Figura 35 A. La mancata preparazione e otturazione dell'istmo è stata la causa del fallimento di questa terapia. Si noti tra l'altro come le cavità retrograde otturate in amalgama abbiano poco a che fare con la sede originale dei canali. B. Particolare a maggiore ingrandimento. (Per gentile concessione del Dr. Gary Carr, San Diego).

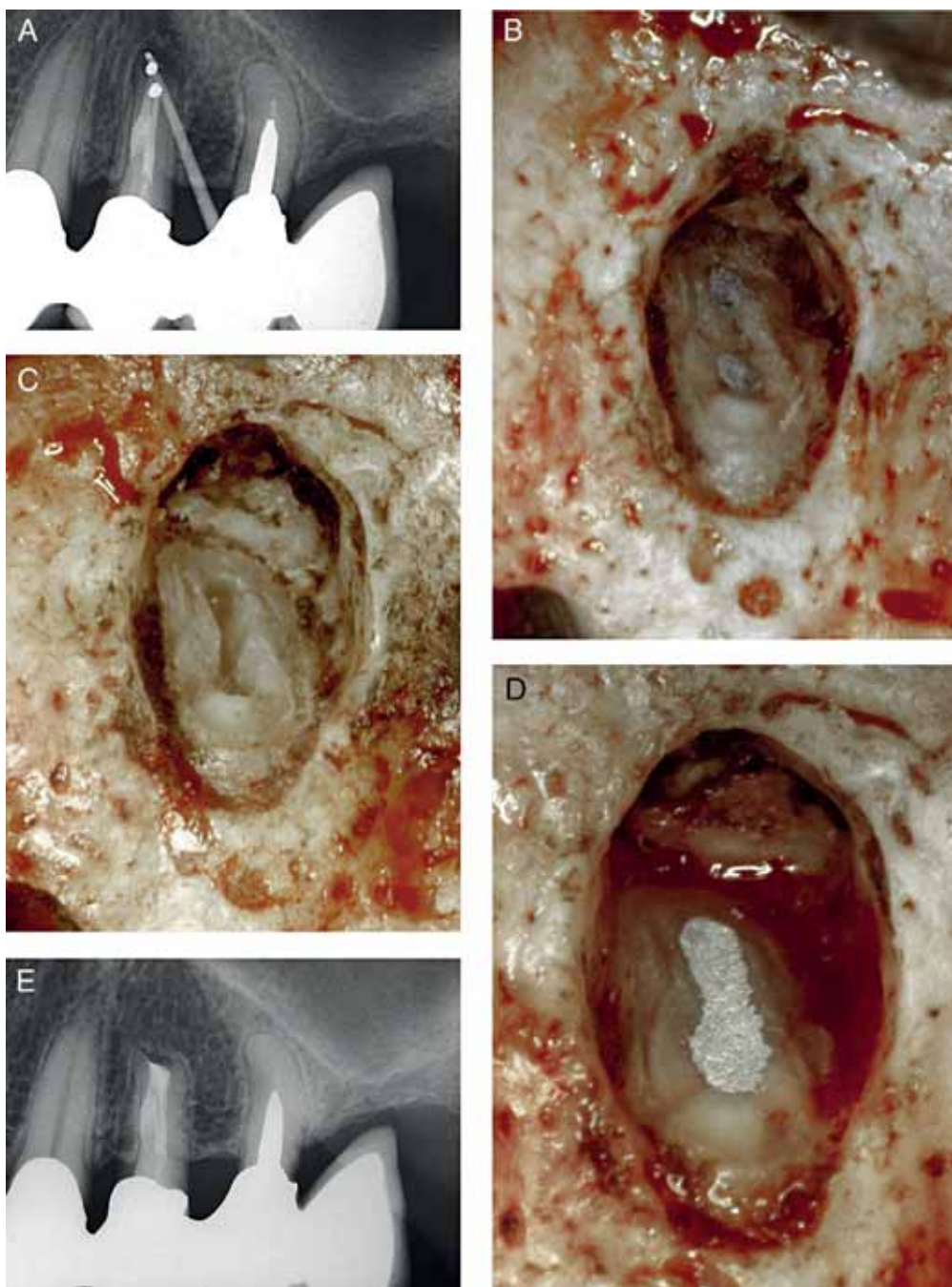


Figura 36 Il dente è stato trattato con apicectomia e otturazione retrograda alcuni anni prima. Le cavità retrograde erano state eseguite con la fresa senza interessare l'istmo. È presente una fistola. A. Radiografia pre-operatoria con un cono di guttaperca nel tragitto fistoloso. B. Si vedono le due otturazioni separate in amalgama. C. Le amalgame sono state rimosse e le cavità retrograde sono state unite con la preparazione dell'istmo. D. L'otturazione della cavità retrograda comprende i due canali e l'istmo. E. Radiografia di controllo dopo due anni. È evidente la completa guarigione.

controllo. Quando ci si accinge a riparare una perforazione, è essenziale ottenere un campo asciutto. Infine, durante un intervento di endodonzia chirurgica la cavità retrograda deve essere completamente asciutta.

In alternativa ai cementi a base di ossido di zinco-eugenolo, un nuovo materiale è stato recentemente introdotto in endodonzia chirurgica come materiale per otturazioni retrograde [6,8,16,18]. Si tratta del Mineral Trioxide Aggregate (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental) che è oggi considerato

il materiale d'elezione per l'endodonzia chirurgica (si veda fig. 16). È ben risaputo che da quando sono entrate in uso le punte da ultrasuoni per la preparazione della cavità retrograda la superficie radicolare non viene più tagliata con un bisello di 45° ma quasi con un angolo di 90° (si veda fig. 28). Questo porta come conseguenza alla necessità di avere un carrier particolare capace di depositare il materiale da otturazione retrograda lavorando con un angolo di 90° (fig. 42a-e).

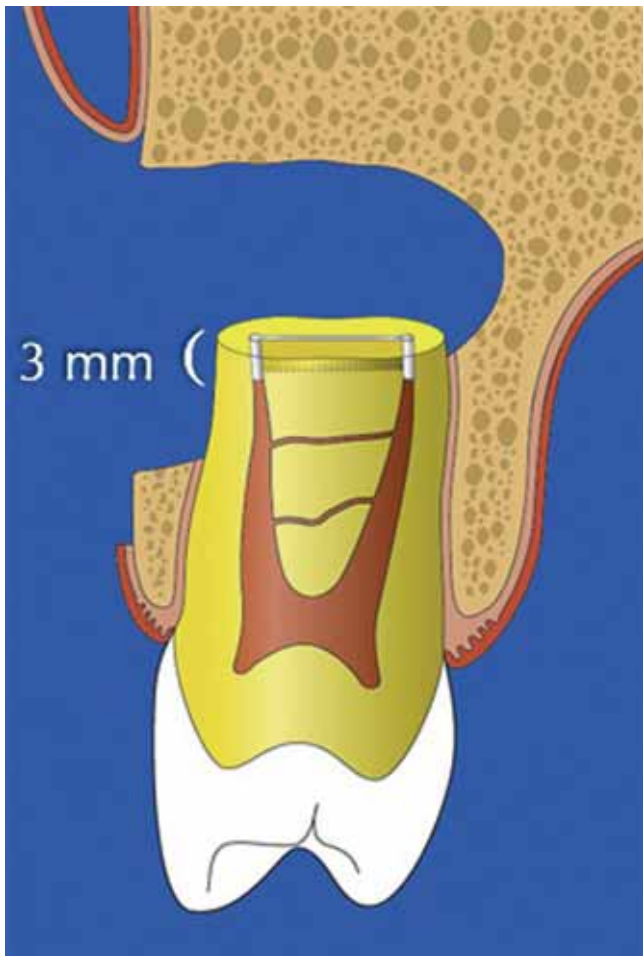


Figura 37 La preparazione della cavità retrograda eseguita con l'utilizzo delle punte da ultrasuoni deve essere profonda almeno 3 millimetri ed essere in asse con il canale.



Figura 39 I micro-specchietti di Gary Carr. I più utilizzati sono i due a destra, l'ovale di 3 mm x 6 mm e il tondo di 3 mm (<http://www.eie2.com/>).

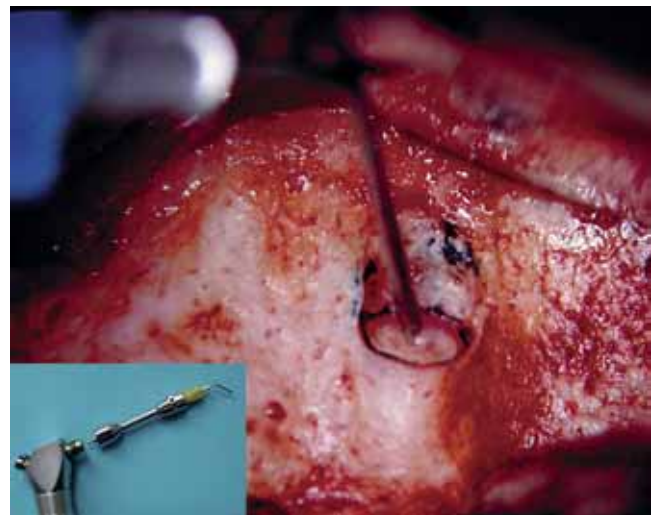


Figura 40 La cavità retrograda viene asciugata con l'irrigatore di Stropko.



Figura 38 Aspetto della cavità retrograda eseguita nella radice mesio-vestibolare di un primo molare superiore sinistro. Sono stati preparati i due canali della radice e l'istmo che li univa.

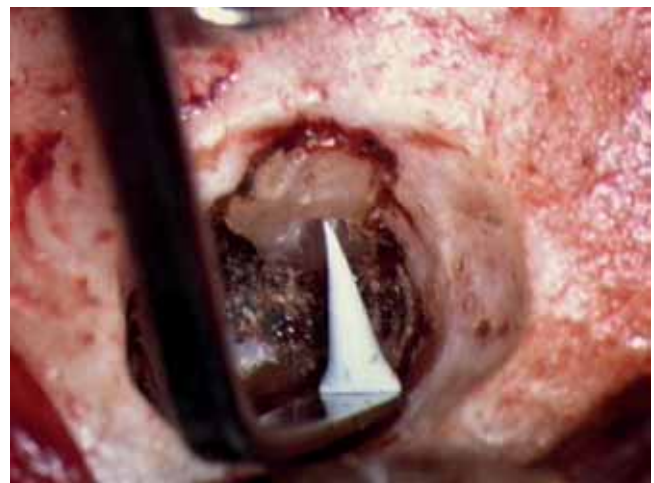


Figura 41 Il sottile cono di SuperEBA è aderente all'estremità della piccola spatola e viene così portato all'interno della preparazione apicale di questa radice mesiale di primo molare inferiore.

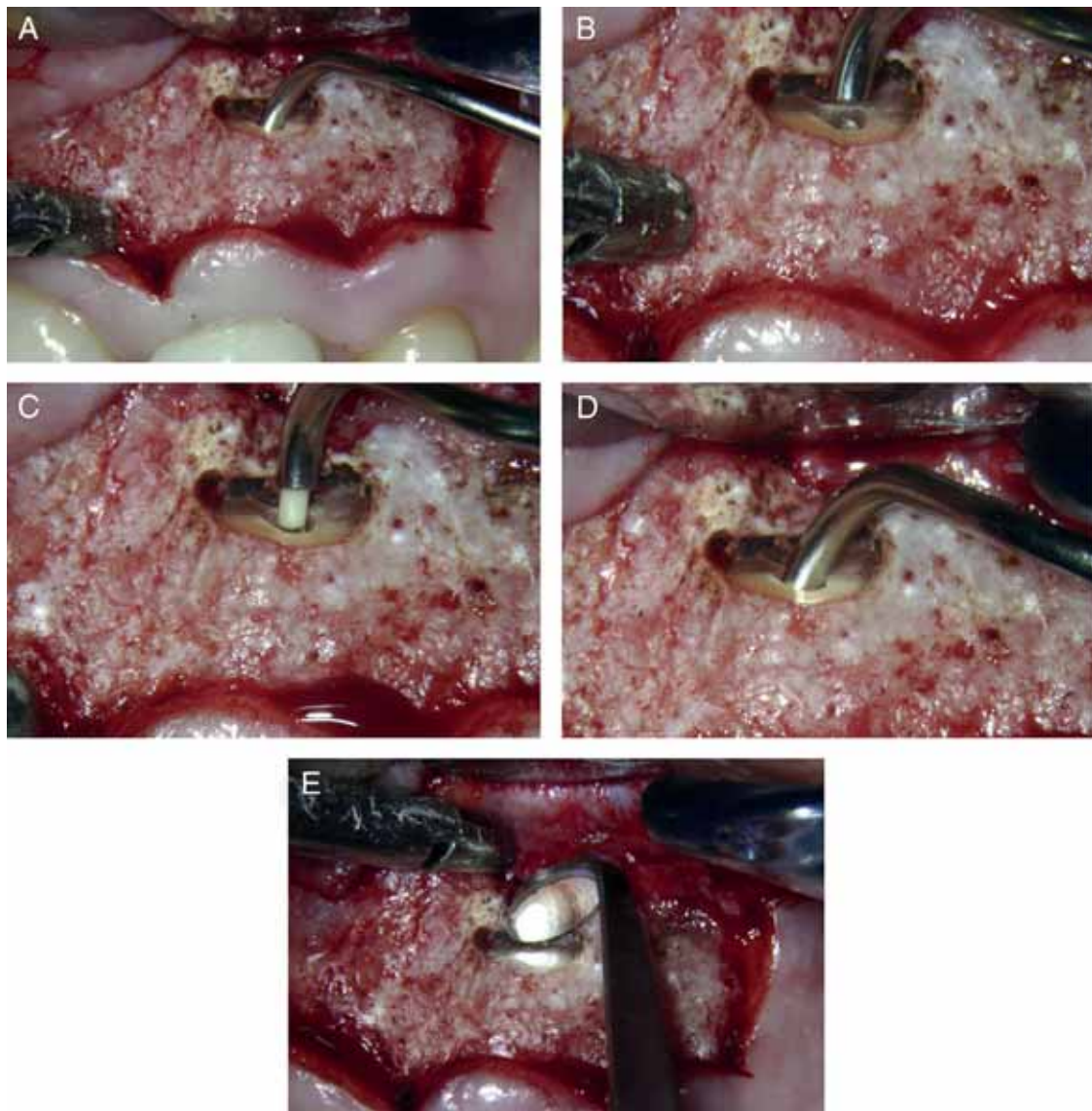


Figura 42 Il carrier consente di lavorare con un angolo di 90° anche in brecce ossee di piccole dimensioni A-E. Dopo essere stato provato, l'ago porta il materiale da otturazione nella cavità retrograda e inizia la sua compattazione.

Uno svantaggio che è emerso quando si è cominciato a usare l'MTA consisteva nel fatto che non è di facile manipolazione, e quando è stato introdotto nel commercio non esisteva un adeguato carrier per posizionarlo nelle sue diverse applicazioni. Il primo carrier disponibile fu il Dovgan Carrier (Quality Aspirators) (fig. 43), ma anche se i suoi aghi erano precurvabili, il suo utilizzo in chirurgia risultava piuttosto scomodo. Nell'anno 2000 un altro carrier specificatamente disegnato per la chirurgia è stato proposto dal Dr. Edward Lee [19] (figg. 44 e 45). Recentemente un altro carrier è stato disegnato e prodotto dalla Produits Dentaires SA (Svizzera) in collaborazione con il Dr. Bernd Ilgenstein [20]: il MAP (Micro Apical Placement) System. Questo può essere considerato un carrier "universale", in quanto provvisto di particolari aghi che ne garantiscono un facile utilizzo in endodonzia sia clinica (fig. 46) sia chirurgica (fig. 47); in chirurgia consente un facile posizionamento dell'MTA anche nei settori posteriori. Il MAP System è infatti considerato il



Figura 43 I carrier disegnati dal Dr. Joseph Dovgan per il posizionamento dell'MTA.

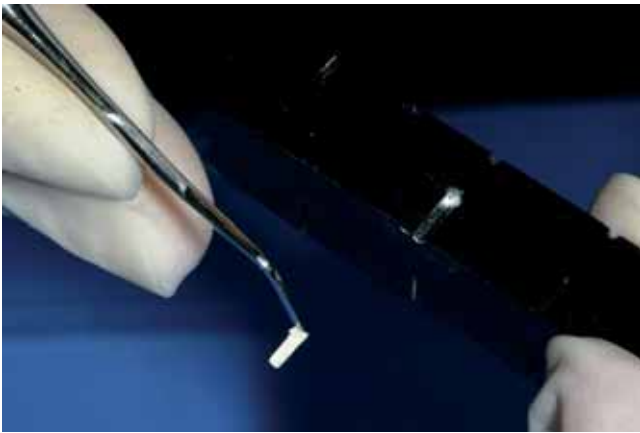


Figura 44 Il carrier disegnato dal Dr. Edward Lee per il posizionamento dell'MTA.

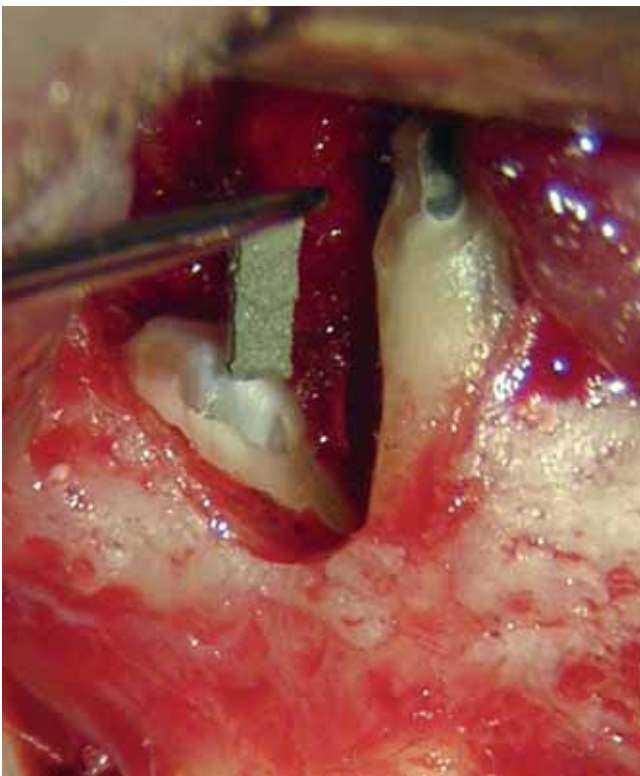


Figura 45 Il cilindretto di MTA sta per essere introdotto nella cavità retrograda. (Per gentile concessione del Dr. John Stropko, Phoenix).

carrier ideale, in quanto è fornito di numerosi aghi di diverse misure e diverse angolazioni che consentono di posizionare il materiale da otturazione retrograda nei vari settori, lavorando con un angolo di 90° anche attraverso breccie ossee di piccole dimensioni.

Gli aghi con angolatura singola sono particolarmente indicati per i denti anteriori, mentre quelli con angolatura tripla trovano la loro indicazione nei denti dei settori posteriori. Sono disponibili in due varianti, con angolazione destra e sinistra, per facilitare il trattamento delle regioni di difficile accesso (canali palatini di premolari e molari superiori,

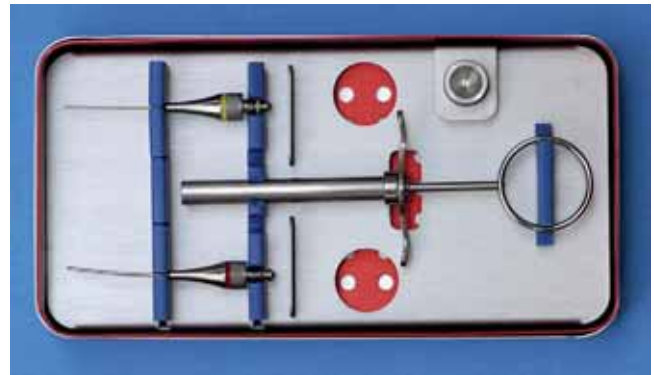


Figura 46 Il Micro Apical Placement System con gli aghi dritti per endodonzia ortograde.

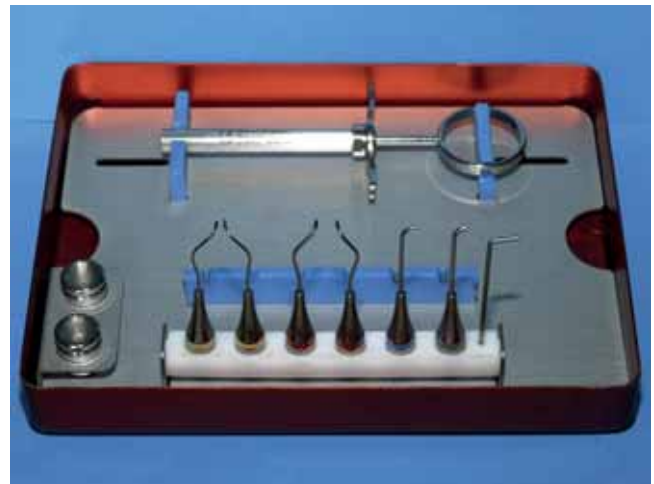


Figura 47 Il Micro Apical Placement System con gli aghi dalle diverse curvature per endodonzia chirurgica.



Figura 48 Il pistone all'interno dell'ago è costruito intenzionalmente più lungo dell'ago stesso, in modo da agire anche da plugger.

canali linguali di molari inferiori). Il pistone all'interno dell'ago è intenzionalmente più lungo dell'ago (*fig. 48*), per cui non solo serve a portare l'MTA nelle cavità retrograde, ma funziona anche come plugger, per cui inizia la compattazione del materiale nelle zone più profonde della cavità retrograda (*fig. 49a-e*). Viene così a essere eliminato il rischio

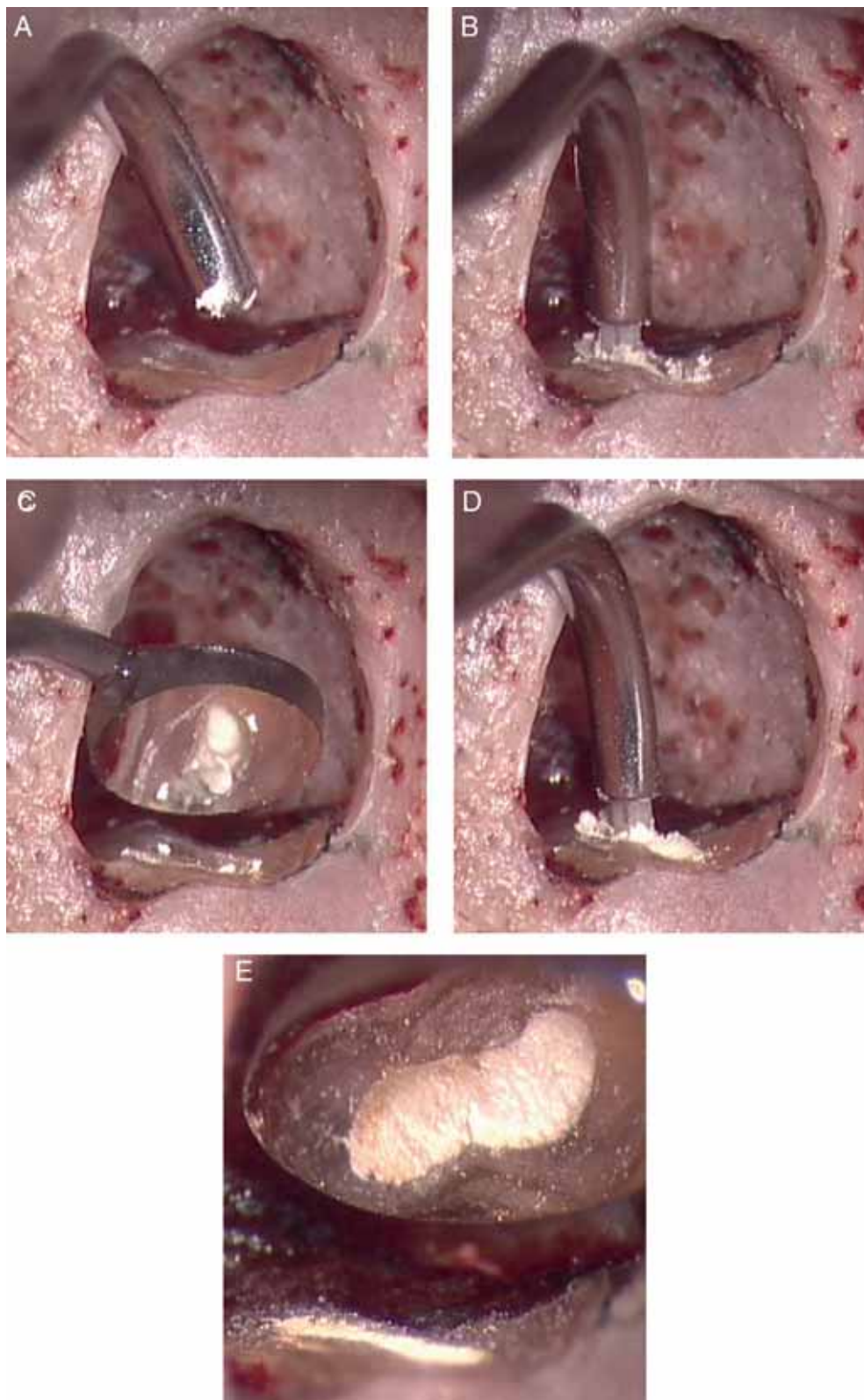


Figura 49 A-E. Il carrier può iniziare a lavorare anche come plugger, cominciando a compattare il materiale da otturazione nelle porzioni più profonde della cavità preparata.

di incorporare bolle d'aria e il materiale retrogrado risulterà sempre ben compattato. Un altro vantaggio derivante dall'utilizzo del MAP System in chirurgia consiste nel perfetto controllo del materiale da otturazione, che può facilmente essere compattato nella cavità retrograda senza disperderne nell'osso e nei tessuti molli circostanti.

Dal punto di vista operativo, una volta eseguita la cavità retrograda con le punte da ultrasuoni e tenuto sotto controllo il sanguinamento nella breccia ossea, l'operatore chiede all'assistente di miscelare il cemento MTA della giusta consistenza e quindi, dopo che il puntale è stato provato nella cavità retrograda per controllare che sia della giusta dimensione, il secondo assistente porge l'ago carico di materiale. La consistenza dell'MTA deve essere né troppo asciutta né troppo bagnata. Se il materiale è troppo umido, può risultare difficoltosa la sua compattazione nella cavità retrograda. Se al contrario l'MTA è stato miscelato troppo asciutto, risulterà difficile l'estrusione del materiale dall'ago e la siringa facilmente si intaserà. In questo caso, si deve evitare di premere con troppa forza. Il pistone in PEEK non è sufficientemente rigido, si fletterà in prossimità dell'attacco a baionetta e quindi dovrà essere sostituito. Per questo motivo, durante un intervento di chirurgia è sempre consigliabile avere due aghi pronti a portata di mano.

Ogni apporto di materiale viene quindi compattato all'interno della cavità mediante l'utilizzo dei micro-plugger e, per migliorare ulteriormente la sua compattazione, eliminare il rischio di incorporare bolle d'aria e migliorare

il suo adattamento alle pareti canalari, l'operatore chiede all'assistente di appoggiare al plugger metallico una punta da ultrasuoni attivata. L'otturazione viene completata compattando il materiale in eccesso, che poi viene rimosso con l'aiuto di una curette. Quindi con un micro-brush leggermente umido si deterge e si rifinisce la superficie dell'otturazione.

Sutura

L'esecuzione della sutura sotto il microscopio operatorio comporta il vantaggio di una maggiore accuratezza nel riposizionamento del lembo, consentendo una perfetta guarigione per prima intenzione, senza la formazione di alcuna cicatrice. L'autore del presente articolo è in disaccordo con coloro che raccomandano l'utilizzo del microscopio per l'osteotomia, il curettage, l'apicectomia, la preparazione della cavità retrograda, l'otturazione retrograda e la documentazione, ma non per l'incisione del lembo né per la sutura. Suturare sotto il microscopio talvolta può essere difficile, soprattutto nelle regioni posteriori, ma l'accuratezza nel riposizionamento garantita dal microscopio non può essere paragonata con quella fornita dagli occhiali telescopici o peggio ancora dall'occhio nudo!

La sutura ha lo scopo di mantenere i tessuti molli in posizione durante il periodo di guarigione e non deve incoraggiare la colonizzazione batterica. Se il riposizionamento è stato accurato come deve essere, la guarigione avviene per prima intenzione in 24-48 ore e questo è il motivo per cui la sutura deve essere rimossa dopo il medesimo tempo [9]. Lasciata in sede per un periodo più lungo, la sutura non ha più alcuna funzione se non quella di trattenere placca e di agire semplicemente come irritante. Presto verrà completamente coperta da batteri e causerà infiammazione e ritardo della guarigione, che avverrà per seconda intenzione.

Molti sono i materiali oggi disponibili in commercio per le suture. La seta non è più raccomandata, in quanto favorisce la colonizzazione batterica. Il nylon è colonizzato più lentamente, ma è troppo rigido e spesso i pazienti si lamentano, in quanto la sutura irrita il labbro o la guancia.

La sutura Tevdek è costituita da un nuovo materiale fatto di una fibra intrecciata di poliestere ricoperta di politetrafluoroetilene. È molto resistente alla colonizzazione batterica e non è assolutamente irritante. La misura suggerita per la sutura è 6-0 (figg. 50-52).

La sutura viene eseguita con punti staccati, iniziando dalla zona più distale. L'ago viene introdotto nella gengiva del



Figura 50 La sutura in Tevdek.



Figura 51 A. La sutura in Tevdek è stata appena eseguita. B. Perfetta guarigione senza alcuna cicatrice dopo tre mesi. La sutura era stata tolta dopo 24 ore.



Figura 52 In questo caso la paziente si è potuta presentare in studio per la rimozione della sutura solo una settimana dopo l'intervento. Si noti la quasi assoluta mancanza di placca batterica sulla sutura.

lembo e fuoriesce dalla gengiva aderente. Il punto di entrata e quello di uscita dell'ago devono essere equidistanti dalla linea dell'incisione. Il nodo non deve giacere sopra l'incisione ma deve essere spostato apicalmente a essa. Questo faciliterà la sua rimozione ed eviterà che la porzione di sutura esterna ai tessuti possa scorrere nei tessuti stessi trasportandovi piccole quantità di placca quando in seguito viene rimossa.

Il motivo per cui la rimozione può essere eseguita già dopo solo 24/48 ore è dovuto al fatto che, dal momento che

l'epitelio migra alla velocità di 1 mm in 24 ore, se il riposizionamento del lembo e quindi la sutura sono stati precisi, lo spazio che l'epitelio deve colmare è addirittura inferiore al millimetro, per cui dopo tale tempo la ferita è sicuramente chiusa e la sutura non ha più alcun ruolo.

Raccomandazioni post-operatorie

È necessario ricordare che tutte le sequele post-operatorie che il paziente può presentare nei giorni seguenti all'intervento dipendono *unicamente* da come è stato trattato o maltrattato il lembo. Pertanto, un lembo ampio (che garantisce un'ottima visibilità), passivamente sollevato e passivamente riposizionato (senza ledere il periostio durante il sollevamento, senza compressione da parte del retrattore e senza eccessiva trazione) consentirà un decorso post-operatorio ideale, che non richiederà nemmeno l'uso di particolari analgesici o antinfiammatori. Al paziente verrà consigliato di tenere il ghiaccio sulla zona dell'intervento per 15 minuti ogni ora per le prime 3/4 ore e verrà messo sotto copertura antibiotica per tre giorni. In genere, al momento della rimozione della sutura non è mai presente alcun edema dei tessuti e tanto meno alcun ematoma.

Conclusioni

L'endodonzia chirurgica oggi può essere eseguita con un'accuratezza e predicibilità di risultati che non era possibile raggiungere 10 o 15 anni fa. L'ingrandimento e l'illuminazione, insieme ai nuovi strumenti e ai nuovi materiali, garantiscono una percentuale di successo più elevata di quanto non si sia mai avuto finora (*fig. 53*).

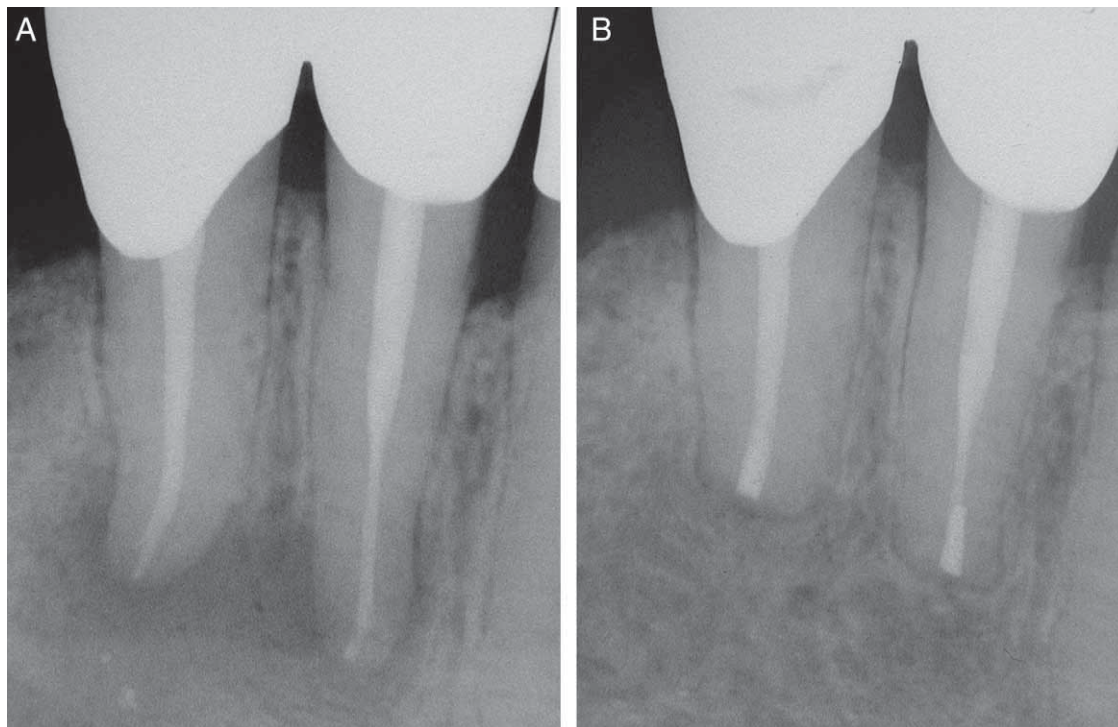


Figura 53 A. Radiografia pre-operatoria. B. Radiografia di controllo dopo due anni. Si notino le otturazioni retrograde profonde 3 mm, in asse con il canale radicolare e delle medesime dimensioni dei canali radicolari originali.

Utilizzando il microscopio, l'incisione è più accurata, il sollevamento del lembo è meno traumatizzante per i tessuti molli, l'osteotomia e l'apicectomia sono più conservative. Utilizzando le punte da ultrasuoni, la preparazione della cavità retrograda è più precisa, perfettamente in asse con il canale radicolare, l'intera sua superficie è più detersa, l'otturazione retrograda è più accurata e l'esatto riposizionamento dei tessuti molli garantisce una guarigione perfetta senza alcuna cicatrice. Per tutti questi motivi, l'intervento chirurgico eseguito dall'endodontista sotto microscopio garantisce oggi risultati più predicibili e una percentuale di successo più elevata.

Rilevanza clinica: Le opportunità operative offerte dall'endodonzia chirurgica sono oggi molteplici; il recupero di elementi dentali affetti da patologie croniche periapicali è oggi più garantito, in termini prognostici, a breve e a lungo termine. L'esecuzione di queste procedure deve però essere accompagnata da strumenti che solo uno specialista è in grado di impiegare al meglio con schemi di lavoro consolidati e riproducibili nel tempo.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

1. Nygaard-Ostby B, Schilder H. Inflammation and infection of the pulp and periapical tissues: a synthesis. *Oral Surg* 1972; 34:498.
2. Weine FS, Gerstein H. Periapical Surgery. In: Weine FS, editor. *Endodontic therapy*. 3^a ed. St. Louis: Mosby; 1982. p. 408–76.
3. Carr GB. Microscopes in endodontics. *Calif Dent Assoc J* 1992;11:55–61.
4. Rubinstein RA. The anatomy of the surgical operating microscope and operating positions. In: Kim S, editor. *The Dental Clinics of North America Microscopes in endodontics*, 41. Philadelphia: W.B. Saunders Company; July 1997. p. 391–414. N. 3.
5. Carr GB. Ultrasonic Root End Preparation. In: Kim S, editor. *The Dental Clinics of North America Microscopes in Endodontics*, 41. Philadelphia: W.B. Saunders Company; July 1997. p. 541–54. N. 3.
6. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21:349–53.
7. Frank AL, Glick DH, Patterson SS, Weine FS. Long-term evaluation of surgically placed amalgam fillings. *J Endod* 1992;18: 391–8.
8. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod* 1994;20:159–63.
9. Carr GB, Bentkover SK. *Surgical Endodontics*. In: Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the Pulp*. 7th ed. St. Louis: Mosby; 1998. p. 608–56.
10. Stropko JJ. Micro-Surgical Endodontics. In: Castellucci A, editor. *Endodontics*. Firenze: Il Tridente; 2009. p. 1076–145.
11. Kim S. Principles of Endodontic Microsurgery. In: Kim S, editor. *The Dental Clinics of North America Microscopes in endodontics*, 41. Philadelphia: W.B. Saunders Company; July 1997. p. 481–98. N. 3.
12. Lemon RR, Steele PJ, Jeansonne BG. Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. I. Left in situ for maximum exposure. *J Endod* 1993;19:170–3.
13. Lemon RR, Jeansonne BG, Boggs WS. Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. II. With curettage and irrigant. *J Endod* 1993;19:174–6.
14. Stropko JJ. Apical microsurgery. In: *Endodontic communiqué*. Boston University, School of Dental Medicine; Summer 1998:12–4.
15. Oynick J, Oynick T. A study of a new material for retrograde fillings. *J Endod* 1978;4:203–6.
16. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19:591–8.
17. Rubinstein RA. Endodontic microsurgery and the surgical operating microscope. *Compendium* 1997;7(18):659–72.
18. Schwartz RS, et al. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. Case reports. *J Am Dent Assoc* 1999;130: 967–75.
19. Lee ES. A new Mineral Trioxide Aggregate root-end filling technique. *J Endod* 2000;26:764.
20. Ilgenstein B, Jager K. Micro Apical Placement System (MAPS). A new instrument for retrograde root canal filling. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2006;116:1243–52.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



ARTICOLO ORIGINALE

Fatica ciclica di nuovi strumenti al nichel-titanio in canali artificiali a singola e doppia curvatura

Cyclic fatigue of new nickel-titanium instruments in artificial canals with single and double curvature

Cristiano Miglio, Nicola M. Grande, Gianluca Plotino*, Valerio Milana, Luca Testarelli, Gianluca Gambarini

Cattedra di Endodonzia I, Università "La Sapienza", Roma

Ricevuto il 18 ottobre 2011; accettato il 3 settembre 2012
Disponibile online il 2 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Fatica ciclica;
Nichel-titanio;
Trattamenti termici;
Singola curvatura;
Doppia curvatura.

KEY WORDS

Cyclic fatigue;
Nickel-titanium;
Thermal treatments;
Single curvature;
Double curvature.

Riassunto

Obiettivi: Lo studio si pone lo scopo di valutare la resistenza a fatica ciclica di due tipologie di strumenti in nichel-titanio

Materiali e metodi: Ottanta canali a singola curvatura e a doppia curvatura sono stati strumenti suddivisi in 4 gruppi: GTX 30/.06, GTX 40/.04, Twisted Files 30/.06 e Twisted Files 40/.04. È stato calcolato il numero di cicli a frattura (NCF).

Risultati: Gli strumenti dei gruppi Twisted Files hanno resistito più a lungo in rotazione nei diversi canali artificiali ($p \leq 0,05$). Le dimensioni dello strumento non hanno avuto un'influenza statisticamente significativa.

Conclusioni: I risultati di questo studio indicano che la doppia curvatura canalare a "S" aumenta notevolmente il rischio di frattura e il gruppo Twisted Files è risultato più resistente rispetto al gruppo GTX.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objectives: Aim of this study was to evaluate the cyclic fatigue resistance of two types of new nickel-titanium endodontic instruments

Materials and methods: 80 instruments divided into 4 groups (20 each group), GTX 30/.06, GTX 40/.04, Twisted Files 30/.06, Twisted Files 40/.04. All the instruments were tested in two different artificial canals, one with a single curvature and the other with a double curvature. All instruments were rotated until fracture and the number of cycles to fracture (NCF) was then calculated,

* Corrispondenza: Via Tommaso Salvini, 57 – 00197 Roma.
E-mail: endo@gianlucaplotino.com (G. Plotino).

Results: Twisted Files instruments resisted longer in rotation in the different canals. The size of the instrument (30.06, 40.04) did not have a statistically significant influence.

Conclusions: The instruments Twisted Files were more resistant to cyclic fatigue compared to the GTX.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

Negli ultimi anni il nichel-titanio si è affermato in endodonzia come la più grande innovazione nell'ambito della strumentazione del sistema dei canali radicolari. Il successo delle tecniche che utilizzano questa lega rispetto alle metodiche che prevedevano l'utilizzo di strumenti manuali tradizionali è dovuto principalmente alle caratteristiche meccaniche della lega, superiori a quelle offerte dall'acciaio, ma anche alle innovazioni apportate dai processi produttivi nell'ambito del disegno degli strumenti, in particolare per quel che concerne dimensioni e conicità [1-4].

Per realizzare tali strumenti è stato necessario all'inizio degli anni '90 ideare e costruire apposite apparecchiature computerizzate in grado di lavorare il filo in nichel-titanio in modo da conferirgli disegni sempre più complessi e performanti. Attraverso queste innovative apparecchiature è stato possibile realizzare sezioni e spire dalle morfologie complesse e parimenti introdurre il concetto di conicità aumentata. Il vantaggio di poter disporre di strumenti a conicità aumentata e della rotazione continua, che assicura un'efficacia di taglio superiore e un ottimale utilizzo della superelasticità della lega, consiste nel poter preparare il canale radicolare in tempi più brevi e attraverso procedure più semplici, con un minor numero di strumenti [5,6].

Soltanto sfruttando la superelasticità del nichel-titanio si sono potuti realizzare strumenti di dimensioni maggiori in grado di mantenere caratteristiche di flessibilità e resistenza adatte alla strumentazione rotante di canali curvi [4,7-10].

La resistenza agli stress di flessione e torsione, legati alla rotazione continua, rimane il limite maggiore del loro utilizzo. Il movimento di rotazione, all'interno di curvature accentuate, comporta sollecitazioni notevolmente superiori a quelle derivanti dall'utilizzo manuale. Ciò determina che, nonostante le favorevoli proprietà della lega nichel-titanio, la frattura intraoperatoria di questi strumenti avvenga con una frequenza superiore rispetto a quanto avveniva in passato con l'uso manuale delle lime in acciaio [11,12].

Negli ultimi anni, quindi, tutte le evoluzioni relative al disegno degli strumenti e delle loro tecniche di impiego sono state motivate proprio dal tentativo di migliorarne le caratteristiche meccaniche e renderli ancora più affidabili e sicuri, in particolare nelle anatomie più complesse, ove maggiori sono le sollecitazioni meccaniche che subiscono.

Nel corso degli anni sono state pertanto proposte diverse modifiche, in termini sia di disegno (orientamento e andamento delle spire, diminuzione dei punti di contatto spire-pareti canalari) sia di dimensioni degli strumenti (introducendo ad esempio le conicità variabili o riducendo le dimensioni della parte lavorante) per cercare di aumentare la flessibilità e la resistenza a fatica per semplificare la strumentazione.

Va rilevato che le proprietà del nichel-titanio, ad oggi, non consentono di mantenere nelle conicità e nelle taglie maggiori una flessibilità ideale, soprattutto a livello di curvature particolarmente complesse [13].

Infatti, al fine di ottenere maggior flessibilità e resistenza alla fatica degli strumenti di taglia più grande, il trend attuale è quello di migliorare le caratteristiche della lega incrementandone le qualità meccaniche. Recentemente sono stati introdotti sul mercato strumenti in cui il processo di produzione è stato migliorato aggiungendo dei trattamenti termici specifici ai normali processi di microtornitura computerizzata.

Questi trattamenti prevedono che la lega venga sottoposta a cicli di riscaldamento e raffreddamento controllati che possono avvenire prima (Vortex, M-Wire, Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) o durante (Twisted Files, SybronEndo, Orange, CA, USA) la produzione dello strumento.

Il presente studio si pone lo scopo di valutare la resistenza a fatica ciclica di due nuove tipologie di strumenti canalari in nichel-titanio di nuova generazione fabbricati mediante innovativi trattamenti termici in canali artificiali con due tipi di configurazioni: uno con curvatura singola e uno con doppia curvatura, definita ad "S".

Materiali e metodi

Nella presente sperimentazione sono stati testati 20 campioni per ogni gruppo dei seguenti strumenti, per un totale di 80 campioni:

- Gruppo 1: Twisted Files (SybronEndo) diametro 0,40 mm e conicità 0,04
- Gruppo 2: Twisted Files (SybronEndo) diametro 0,30 mm e conicità 0,06
- Gruppo 3: GTX (Tulsa Dental) diametro 0,40 e conicità 0,04
- Gruppo 4: GTX (Tulsa Dental) diametro 0,30 e conicità 0,06

Ogni gruppo di strumenti è stato testato in due canali artificiali dalla diversa tipologia:

- il canale A (*fig. 1, sinistra*) con curvatura singola di 60° e raggio di curvatura 5 mm, avente il centro della curvatura a 6 mm dalla punta dello strumento;
- il canale B (*fig. 1, destra*) avente una doppia curvatura, la prima di 60° con diametro di 5 mm, con centro posto a 8 mm dalla punta dello strumento e la seconda di 70° e raggio di curvatura di 2 mm con centro posto a 2 mm dalla punta.

I canali artificiali sono stati costruiti con conicità e diametro di punta corrispondenti alle due taglie degli strumenti testati, facendo in modo che la traiettoria del canale fosse rispettata in ogni parametro. I canali artificiali, al fine di ottimizzare l'accuratezza dimensionale, sono stati realizzati attraverso dei duplicati degli strumenti costruiti dal pieno in rame con un incremento della sezione di 0,1 mm usando un

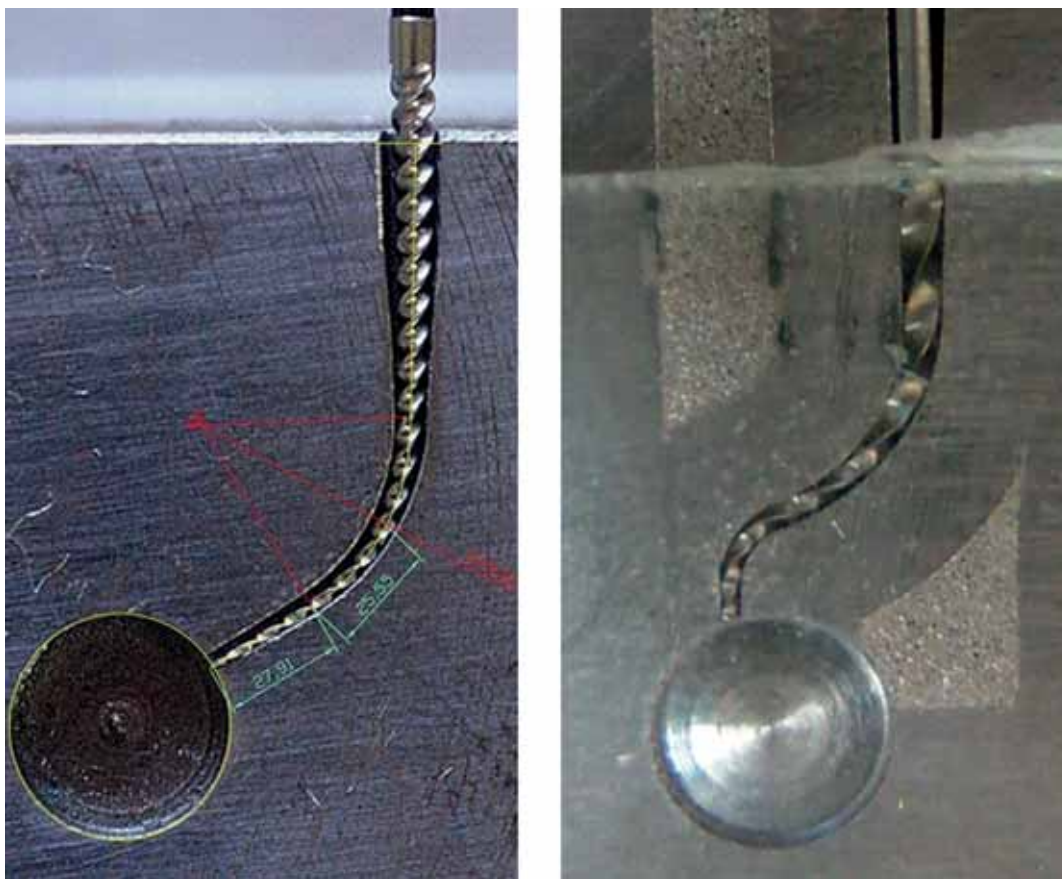


Figura 1 I due canali artificiali in cui sono stati testati gli strumenti: a sinistra il canale con curvatura singola, a destra il canale con doppia curvatura.

computer con controllo numerico (Bridge-port VMC 760XP3; Hardinge Machine Tools Ltd, Leicester, UK). Il duplicato in rame è stato costruito rispettando le dimensioni e i parametri geometrici dei canali artificiali presi in considerazione dallo studio. Dai modelli negativi in rame dei canali artificiali sono stati realizzati per elettroerosione i canali artificiali in acciaio temprato utilizzando una macchina Agietron Hyper-spark 3 (AGIE Sa, Losone, Svizzera). La profondità di ciascun canale è stata realizzata pari al diametro massimo dello strumento + 0,2 mm, permettendo così allo strumento di ruotare liberamente nel canale artificiale.

I canali artificiali sono stati montati su una base di acciaio connessa a un supporto mobile in Teflon su cui è possibile fissare saldamente il motore. Il supporto mobile permetteva un semplice e preciso posizionamento dello strumento all'interno del canale artificiale assicurando altresì un perfetto allineamento nelle tre dimensioni e un corretto posizionamento degli strumenti tutti alla stessa profondità. Durante il test il canale artificiale è stato coperto da un vetro temprato allo scopo di impedire la fuoriuscita dello strumento dalla sede e permettere al contempo l'osservazione e la registrazione dei tempi a cui avveniva la frattura.

Gli strumenti sono stati messi in rotazione all'interno dei canali alla velocità costante di 300 rpm utilizzando un manipolo con riduzione 6:1 (Sirona Dental System GmbH, Bensheim Germania) azionato da un motore dotato di controllo di

torque (Silver, VDW GmbH, Monaco, Germania). Il torque era stato regolato a un valore 0,5 N/g (il valore minimo consentito dal motore) e per ridurre l'attrito tra lo strumento e le pareti dei canali artificiali è stato utilizzato un olio sintetico specifico per la lubrificazione di parti meccaniche (Super Oil, Singer, Elizabethport, NJ, USA). Tutti gli strumenti sono stati fatti ruotare fino alla frattura e ne è stata cronometrata la durata con una misurazione cronometrica al secondo. Nella tipologia di canale B con doppia curvatura, quando lo strumento si è fratturato prima nella curvatura apicale, sono stati registrati due tempi, uno relativo alla frattura nella curvatura apicale e il secondo relativo alla frattura nella curvatura più coronale. Il numero di cicli a frattura (NCF) è stato quindi calcolato moltiplicando il tempo espresso in secondi per il numero di rotazioni al secondo e il numero delle rotazioni è stato approssimato al numero intero più vicino. Sono stati calcolati i valori medi e le deviazioni standard (SD) per i diversi gruppi. Un modello di regressione lineare multivariata è stato realizzato per studiare gli effetti che le variabili indipendenti prese in considerazione nel modello (dimensione dello strumento, tipo di strumento, tipo del canale artificiale) hanno avuto sulla variabile dipendente analizzata (NCF). La significatività è stata determinata con un livello di affidabilità del 95%. I dati sono stati elaborati tramite software SPSS (SPSS, Oakbrook, IL, USA) [14].

Tabella 1 Media del numero di cicli a frattura (NCF) e deviazione standard (DS) dei diversi strumenti nelle diverse curvature.

	Curva singola	Doppia curva apicale	Doppia curva coronale
<i>Strumenti</i>	<i>NCF (DS)</i>	<i>NCF (DS)</i>	<i>NCF (DS)</i>
GTX 30.06	198 (84)	11,6 (1,3)	15,8 (12,3)
Twisted Files 30.06	389 (184)	52,6 (15,1)	64,4 (14,7)
GTX 40.04	444,6 (123)	10,1 (3)	14,8 (2)
Twisted Files 40.04	437 (121)	22,7 (3,6)	25,3 (4,9)

Risultati

I valori medi e le deviazioni standard ($\pm DS$) per i risultati di resistenza a fatica, espressi in NCF, sono riportati in *tabella 1*.

Nel modello di regressione lineare è stato considerato il valore di NCF come variabile dipendente. Il modello generale di regressione è risultato statisticamente significativo ($F = 24,4$; $p = 0,000$; $R = 0,786$). Tra le variabili indipendenti, il tipo di canale (A, B) e il tipo di strumento (GTX, Twisted Files) sono risultati essere statisticamente significativi ($p \leq 0,05$), mentre le dimensioni dello strumento (30.06, 40.04) non sono hanno avuto significatività statistica ($p > 0,05$).

La regressione lineare multivariata ha mostrato che il tipo di canale è stato la variabile indipendente di maggior impatto nel modello; il canale A ha positivamente influenzato il valore NCF ($St \beta = 56,78$, $p \leq 0,000$) rispetto al canale B, mentre il tipo di strumento ha avuto un impatto positivo, prendendo in considerazione il Twisted Files rispetto al GTX ($St \beta = -0,20$, $p \leq 0,000$).

Discussione

Gli studi fino a ora condotti sulla fatica ciclica degli strumenti in nichel-titanio eseguiti su canali artificiali si sono limitati a prendere in considerazione unicamente tipologie di canali con unica curvatura [13].

Questo lavoro ha valutato la fatica ciclica degli strumenti rotanti in nichel-titanio in una nuova tipologia di canale a doppia curvatura detto ad "S", che fin ora non è stato ancora valutato da alcuno studio in letteratura. Più precisamente sono stati testati strumenti in nichel-titanio sia in canali a curvatura singola sia in canali a doppia curvatura "S", che nella pratica clinica tendono a causare maggior accumulo di fatica sugli strumenti e, di conseguenza, maggior rischio di frattura intraoperatoria, mettendo a confronto il comportamento degli strumenti nelle due differenti tipologie dei canali.

Nel canale a doppia curvatura, è inoltre stato valutato se la rottura per fatica ciclica avveniva prima nella porzione apicale o coronale dello strumento e il tempo di latenza tra le due separazioni.

Come riportato in un'ampia letteratura [15–19], la resistenza alla fatica ciclica degli strumenti rotanti in genere diminuisce con l'aumentare del diametro ed è specificatamente proporzionale alla massa metallica dello strumento nel punto di massimo stress [20], anche se altri fattori possono intervenire nel determinare un maggiore o minore accumulo di fatica, quali disegno, leghe, metodologia di fabbricazione.

La resistenza a fatica nei canali a doppia curvatura è significativamente inferiore rispetto alla curva singola, indipendentemente dal tipo di strumento utilizzato. Nelle tipologie di curve analizzate tali differenze sono rilevanti, in molti casi con variazioni pari a 10-20 volte, evidenziando come l'aumento di rischio di frattura sia un pericolo costante nella strumentazione rotante di doppie curvature.

Gli strumenti Twisted Files si sono dimostrati più resistenti alla fatica ciclica rispetto ai GTX, probabilmente grazie a un differente disegno o alle caratteristiche della lega, con differenze significative in tutte le tipologie di canale e di taglia, tranne per il gruppo di taglia 40/.04 nella curvatura singola. Questo riscontro è particolarmente interessante e mostra come differenze nella performance clinica degli strumenti si evidenzino meglio laddove le sollecitazioni sono più elevate e il rischio di frattura aumenta. Infatti, nei dati relativi agli strumenti di taglia 30/.06 il gap fra Twisted Files e GTX è assai maggiore nei canali più difficili, cioè quelli a doppia curvatura.

Non vi è un accordo in letteratura su quanto incida il differente disegno delle lime sulla resistenza a fatica, ma in ogni caso la tendenza è quella di considerare che altri fattori sono più rilevanti. Nei test che sono stati realizzati con i canali a doppia curvatura detti ad "S", tutti i campioni testati si sono separati prima nella porzione apicale in corrispondenza della quale si ritrovava una minore massa ma un maggiore angolo di curvatura. Questo studio sembra indicare che l'angolo di curvatura abbia un'importanza prevalente in questa tipologia canalare nel provocare rotture da fatica ciclica rispetto al fattore dimensionale, essendo questa la variabile di maggiore impatto. Per quanto concerne la frattura degli strumenti nelle doppie curvature, dai dati si evince che lo strumento si rompe sempre nella porzione più apicale, indipendentemente dalla taglia o dal disegno. Questo dato è sicuramente interessante perché per la prima volta viene dimostrato scientificamente un comportamento già riscontrato nella pratica clinica. Le specifiche più peculiari relative a questa evidenza saranno oggetto di studi futuri, in cui si varierà la morfologia dei canali con doppia curvatura.

Conclusioni

Gli strumenti endodontici in lega nichel-titanio, lavorando in canali con doppia curvatura, accumulano fatica nella porzione più apicale e la sede di frattura è sempre molto esigua in quella porzione. Il tipo di manifattura degli strumenti e la loro morfologia sembrano essere rilevanti nel consentire una maggiore resistenza a fatica ciclica.

Rilevanza clinica: La terapia di radici con doppia curvatura ha sempre rappresentato una sfida per gli endodontisti.

L'utilizzo di strumenti dotati di una maggiore flessibilità e più resistenti alla frattura in questo tipo di anatomie può agevolare il clinico nel risolvere brillantemente questi casi complessi.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

- Musikant BL, Deutsch AS. Endodontic techniques defined by principles. *N Y State Dent J* 2004;70:18–21.
- Baumann MA. Nickel-titanium: options and challenges. *Dent Clin North Am* 2004;48:55–67.
- Ruddle CJ. Nickel-titanium rotary instruments: current concepts for preparing the root canal system. *Aust Endod J* 2003;29:87–98.
- Kuhn G, Jordan L. Fatigue and mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 2002;28:716–20.
- Rowan MB, Nicholls JI, Steiner J. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. *J Endod* 1996;22:341–5.
- Bahia MG, Melo MC, Buono VT. Influence of simulated clinical use on the torsional behavior of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:675–80.
- Torrisi L. The NiTi superelastic alloy application to the dentistry field. *Biomed Mater Eng* 1999;9:39–47.
- Bartzela TN, Senn C, Wichelhaus A. Load-deflection characteristics of superelastic nickel-titanium wires. *Angle Orthod* 2007;77:991–8.
- Bourauel C, Drescher D, Ebling J, Broome D, Kanarachos A. Superelastic nickel titanium alloy retraction springs—an experimental investigation of force systems. *Eur J Orthod* 1997;19:491–500.
- Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001;14:324–33.
- Tripi TR, Bonaccorso A, Condorelli GG. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102:e106–14.
- Bahia MG, Martins RC, Gonzalez BM, Buono VT. Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2005;38:795–801.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35:1469–76.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of the shape of artificial canals on the fatigue resistance of NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2010;43:69–75.
- Plotino G, Grande NM, Melo MC, Bahia MG, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J* 2010;43:226–30.
- Plotino G, Grande NM, Mazza C, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Influence of size and taper of artificial canals on the trajectory of NiTi rotary instruments in cyclic fatigue studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:e60–6.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of the shape of artificial canals on the fatigue resistance of NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2010;43:69–75.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. Measurement of the trajectory of different NiTi rotary instruments in a artificial canal specifically designed for cyclic fatigue tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e152–6.
- Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel – titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod* 2008;34:1003–5.
- Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J* 2006;39:755–63.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



REVISIONE DELLA LETTERATURA

Il posizionamento di impianti in siti infetti come alternativa al trattamento endodontico secondario: revisione della letteratura

Immediate implant placement in infected sites as an alternative to secondary endodontic treatment: a review of literature

Stefano Corbella*, Silvio Taschieri, Andrea Leone, Andrea Rodolfi, Luca Francetti

Dipartimento di Tecnologie per la Salute, Università degli Studi di Milano, IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Milano

Ricevuto il 20 ottobre 2011; accettato il 3 settembre 2012

Disponibile online il 6 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Impianti dentali;
Alveolo post-estrattivo;
Parodontite apicale;
Impianti immediati;
Pianificazione del
trattamento.

KEYWORDS

Dental implants;
Post-extraction sockets;
Apical periodontitis;
Immediate implants;
Treatment planning.

Riassunto

Obiettivi: Valutare e discutere i risultati clinici di riabilitazioni supportate da impianti posizionati in siti infetti per ragioni di tipo endodontico.

Materiali e metodi: È stata effettuata una ricerca su Medline™ ed EMBASE™ su articoli pubblicati dal 1966 ad aprile 2011 riportanti un follow-up minimo di 6 mesi.

Risultati: L'inserimento immediato di impianti dopo l'estrazione di elementi con infezione di origine endodontica, dopo attenta revisione dell'alveolo, può essere considerata una tecnica valida, con percentuali di successo che sono paragonabili a quelle del trattamento endodontico secondario.

Conclusioni: Dal momento che gli studi clinici su questo argomento sono scarsi, il livello di evidenza è basso, il periodo di follow-up è limitato e sono quindi necessari altri studi al fine di valutare la pertinenza di questa alternativa di trattamento.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objectives: To perform a literature review in order to evaluate the clinical outcomes of restorations supported by implants placed immediately after extraction in endodontically infected sockets.

* Corrispondenza: via R. Galeazzi, 4 – 20161 Milano.
E-mail: stefano.corbella@gmail.com (S. Corbella).

Materials and methods: A Medline™ and EMBASE™ search was performed on articles published from 1966 to April 2009. A minimum of 6 month follow-up was required.

Results: Immediate implant placement after extraction of teeth with endodontic infection, performed after careful socket debridement, can be considered a viable technique. The reported survival rates are similar to those reported for secondary endodontic treatment.

Conclusions: Since the clinical reports on this topic are scarce, the level of evidence is low and the follow-up period is limited, more well-designed studies are required in order to assess relevance of this treatment alternative.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

Il tasso di successo riportato del trattamento endodontico primario varia tra il 31% e il 100% a seconda dei criteri di inclusione e i criteri di successo adottati in diversi studi [1,2]. Anche il trattamento secondario di lesioni periapicali persistenti è stato discusso dalla letteratura scientifica [3,4], con tassi di successo riportati che variano dal 76,7% al 77,2% rispettivamente per la guarigione completa e parziale [1,5] e nessuna differenza nei risultati tra le procedure di ritrattamento chirurgiche e non chirurgiche [4,5].

La chirurgia periapicale secondaria è un'opzione alternativa se la chirurgia endodontica primaria non riesce, e comunque la sua prevedibilità di successo è scarsamente documentata in quanto poche pubblicazioni scientifiche fino a oggi hanno descritto e analizzato questa tecnica [6,7]. Nel caso di denti con una condizione patologica che non possa essere risolta con la chirurgia periradicolare o nel caso di fratture radicolari che diventano evidenti durante la chirurgia periapicale, l'estrazione del dente coinvolto diventa l'unica soluzione.

L'estrazione dentale e il posizionamento immediato di impianti dentali nel sito di estrazione è una tecnica valida ed efficace sia in zone anteriori [8,9] sia nelle regioni posteriori, anche se diversi requisiti devono essere considerati. La presenza d'infezione attiva nel sito di estrazione è considerata una delle principali controindicazioni per l'inserimento immediato dell'impianto nella sede ed è dovuta alla maggiore possibilità di infezione dei tessuti peri-implantari durante il periodo di guarigione [10–12].

Lo scopo di questo studio è stato quello di effettuare una revisione della letteratura esistente riguardo il posizionamento immediato di impianti in siti endodonticamente infetti e discutere le implicazioni cliniche e scientifiche di questa modalità di trattamento.

Materiali e metodi

Una ricerca elettronica è stata condotta su PubMed™, Medline™ ed EMBASE™ nel periodo tra il 1966 e aprile 2011 utilizzando una combinazione di diversi termini di ricerca come: "dental implants", "immediate implant*", "extraction socket*", "infected teeth", "infected site*", "infected socket*". La ricerca iniziale ha prodotto 233 titoli e abstract che sono stati analizzati in maniera indipendente da due revisori diversi (SC e ST). Nessuna limitazione è stata posta per quanto riguarda il disegno dello studio e delle specie coinvolte. Per gli studi clinici è stato considerato un

minimo follow-up di 6 mesi per l'inclusione. Gli studi che descrivono riabilitazioni di arcate complete con impianti posizionati in siti post-estrattivi sono stati esclusi perché lo scopo di questo studio è di discutere la pianificazione del trattamento in riabilitazione con un singolo dente con particolare attenzione per l'alternativa alla terapia endodontica.

Dopo lo screening di titoli e abstract è stato trovato un totale di 12 articoli in grado di soddisfare questi criteri di inclusione. Cinque di questi sono studi su animali [13–17] e otto sono indagini cliniche [18–24] (case series, studi prospettici).

Risultati

Studi su animali

Nel più recente studio su animale [13] gli autori hanno analizzato il contatto osso-impianto d'impianti posizionati in siti endodontici infetti in quattro cani. I siti selezionati sono stati divisi in tre gruppi:

- controlli;
- siti endodonticamente compromessi trattati con impianti post-estrattivi e rigenerazione ossea guidata (GBR) con membrane;
- siti endodonticamente compromessi trattati solo con impianti post estrattivi (senza GBR).

Il contatto osso-impianto osservato nel gruppo dei controlli è stato significativamente maggiore ($p < 0,05$) rispetto al Gruppo 1 ($59,55 \pm 14,21\%$) e al Gruppo 2 ($48,62 \pm 20,22\%$) sebbene questi dati mostrino la possibilità che l'immediato posizionamento di impianti post-estrattivi possa avere successo anche in siti infetti.

Altri studi in vitro su modelli animali [14–17], che valutano l'inserimento immediato di impianti in siti infetti paradontalmente, non possono essere presi in considerazione in questa revisione a causa delle differenze tra infezioni paradontali ed endodontiche.

Studi clinici su uomo

I dati derivanti da trial clinici sono riassunti nella *tabella 1*.

Il case series presentato da Novaes Jr. e Novaes [14] è stato il primo articolo scientifico a descrivere l'inserimento immediato di impianti in siti infetti. Sono stati presentati tre casi con lesioni endo-parodontali e fratture radicolari associate a infezioni endodontiche che, generalmente, sono controindicazione all'inserimento immediato di impianti. Le estrazioni sono state condotte seguendo un severo protocollo

Tabella 1 Caratteristiche generali degli studi clinici inclusi.

Autori	Tipo di studio	Pazienti	Impianti	GTR	Carico	Follow-up	% di sopravvivenza
Novaes Jr et al., 1995	CS	3	3	Si	Ritardato (6-7 mesi)	7-24 mesi	100%
Lindeboom et al., 2006	RCT	50 (25 trattati con impianti immediati, 25 trattati con impianti ritardati [3 mesi])	50	Si	Ritardato	1 anno	92%
Casap et al., 2007	PS	20	30	Si	Ritardato (6 mesi)	12-72 mesi	96,67%
Villa et al., 2007	PS	33	76	Si	Immediato (<36 ore)	1 anno	97,40%
Siegenthaler et al., 2007	RCT	34 (17 trattati con impianti immediati in siti infetti, 17 trattati con impianti ritardati)	34	Si	Ritardato (3 mesi)	1 anno	100%
Del Fabbro et al., 2009	PS	30	61	Si (PRGF)	Ritardato (3-4 mesi)	1 anno	98,4%
Crespi et al., 2010	RCT	30 (15 denti con fratture radicolari e/o carie, 15 denti con lesioni croniche periapicali)	30	No	Ritardato (3 mesi)	2 anni	100%

CS: case series; RCT: trial clinico randomizzato; PS: studio prospettico.

atraumatico ed effettuando un accurato *debridement* chirurgico delle tasche. Inoltre è stata utilizzata la rigenerazione ossea guidata per compensare il riassorbimento osseo dovuto all'infezione cronica in questi siti. Il follow-up dei tre casi variava da 7 a 24 mesi senza alcun fallimento implantare. La sopravvivenza e la percentuale di successo sono state del 100% per tutti i casi.

Altri ricercatori nel 2006 [18] hanno comparato l'inserimento immediato di impianti in siti infetti con un protocollo di inserimento implantare differito. Dopo randomizzazione, 50 impianti sono stati posizionati nei mascellari e divisi in due gruppi: i primi 25 impianti sono stati posizionati immediatamente, dopo le estrazioni dentali, in siti affetti da patologie periapicali croniche, e 25 dopo un periodo di guarigione di 3 mesi. Nel gruppo sperimentale è stata inoltre utilizzata la rigenerazione ossea guidata. Dopo un anno dalla chirurgia, sia la sopravvivenza sia la percentuale di successo nel gruppo sperimentale sono state del 92%, senza significative differenze rispetto al gruppo dei controlli.

Casap e collaboratori [19] hanno descritto e analizzato il posizionamento immediato di impianti dentali in siti infetti, inizialmente affetti da infezione parodontale subacuta, cronica e da lesioni periodontali endodontiche, dopo un accurato *debridement*. Dei 30 impianti posizionati inizialmente in 20 pazienti, solo uno è stato perso nel periodo di follow-up, che variava da 12 a 72 mesi dalla chirurgia. Un altro impianto è stato rimosso, poiché mobile dopo protesizzazione. Sono state riferite complicazioni chirurgiche, come l'esposizione di membrane, sempre correlate con le procedure di rigenerazione tissutale guidata. La percentuale di sopravvivenza riportata (96,67%) ha permesso agli autori di concludere che il posizionamento immediato di impianti in siti infetti risanati è attuabile e può essere una valida alternativa terapeutica. Considerando solo i 10 impianti inseriti in siti infetti endodonticamente, la percentuale di successo è stata del 90%.

Nel 2007 Villa e Rangert [20] hanno pubblicato le loro ricerche cliniche riguardo impianti posizionati immediatamente in alveoli post-estrattivi nei mascellari e funzionalizzati precocemente. Sono stati inseriti in totale 76 impianti in 33 pazienti con denti considerati persi a causa delle lesioni endodontiche, parodontali o di fratture radicolari. Il carico immediato degli impianti inseriti è stato effettuato entro 36 ore dalla chirurgia. Dopo un anno due impianti sono stati persi determinando una percentuale di successo del 97,4%, senza alcun segno di infezione nei tessuti peri-implantari di ogni impianto, e del 100% per i 21 impianti posizionati in siti con lesioni periapicali. Gli autori hanno concluso che la presenza di infezione nel punto di inserimento non causa un aumento del rischio di fallimento implantare.

Siegenthaler e collaboratori [21], tramite un trial clinico prospettico, hanno studiato l'inserzione immediata di impianti per sostituire denti con patologie periapicali. Diciassette pazienti, che necessitavano di rimpiazzare denti senza infezioni periapicali, sono serviti da controllo, altri 17 sono stati trattati con impianti immediati in alveoli post-estrattivi infetti. Il carico protesico è stato eseguito per entrambi i gruppi dopo 3 mesi di guarigione. Quattro casi e un controllo non hanno ottenuto stabilità primaria e sono stati esclusi dallo studio. Un anno dopo il posizionamento, per tutti gli impianti è stata riscontrata una percentuale di sopravvivenza del 100%, senza segni di infezione.

Recentemente, Del Fabbro e collaboratori hanno pubblicato i risultati del loro studio prospettico riguardo le percentuali di successo e sopravvivenza di impianti immediati posizionati in alveoli post-estrattivi con infezioni endodontiche [22]. Sessantuno impianti sono stati posizionati immediatamente dopo l'estrazione dei denti e dopo accurata revisione alveolare. Dopo un anno di follow-up è stato perso un solo impianto a causa di un'infezione a 2 mesi dall'inserimento. Tutti i pazienti hanno riportato piena soddisfazione

e il riassorbimento osseo, misurato attraverso radiografie endorali, è stato di $0,41 \pm 0,22$ mm, comparabile alla letteratura scientifica.

Nel 2010 Crespi et al. [23] hanno inserito 15 impianti post-estrattivi in siti con infezioni endodontiche e 15 in pazienti con denti cariati o fratturati a livello delle radici. Dopo 3 mesi sono stati caricati e inseriti in un programma di follow-up di 24 mesi. La percentuale di sopravvivenza cumulativa riferita è stata del 100% per tutti gli impianti e l'osteointegrazione uguale per entrambi i gruppi.

Discussione

Sono molti i fattori coinvolti nel determinare il successo del trattamento endodontico primario. L'assenza preoperativa di radiotrasparenza nella porzione apicale del dente, una corretta e completa chiusura dei canali radicolari, che non si estenda oltre l'apice anatomico per più di 2 mm, e una corretta ricostruzione coronale sono fattori clinici che possono significativamente migliorare il risultato del trattamento canalare primario [2]. Condizioni simili sono da considerare come fattori prognostici favorevoli anche considerando un ritrattamento endodontico non chirurgico, sebbene la letteratura sia povera di referenze a riguardo [3,5].

Considerando il trattamento endodontico primario e il ritrattamento, entrambi non chirurgici, e la chirurgia endodontica, la percentuale di successo riportata è variabile e dipende dalle differenti metodologie utilizzate negli studi. I Toronto-studies sono una serie di trial clinici prospettici [24–31] che hanno studiato la percentuale di successo del trattamento endodontico primario e secondario, effettuato da studenti laureandi sotto la supervisione di endodontisti qualificati. I trattamenti eseguiti dagli studenti e i controlli a 4-8 anni mostrano le caratteristiche più salienti che permettono di considerare i risultati ottenuti da tali studi come le migliori percentuali di successo basate sull'evidenza riportate in letteratura. Considerando il trattamento endodontico primario, il risultato dopo 4-6 anni è stato del 93% e dell'84% relativamente alla presenza o assenza di radiotrasparenza periapicale in fase preoperativa [30]. Una percentuale simile di successo (94% e 80% con o senza radiotrasparenza periapicale) è stata presentata considerando il ritrattamento ortograde [30]. Il risultato della chirurgia endodontica è stato del 74% per la completa guarigione con follow-up da 4 a 10 anni [31].

Recenti pubblicazioni hanno inoltre confrontato il trattamento endodontico con l'inserimento di un impianto in un sito post-estrattivo [32,33]. Impianti e trattamento endodontico non chirurgico seguiti da opportuna protesizzazione sono entrambe ottime metodiche e la scelta del piano di trattamento non può esclusivamente basarsi sugli esiti della valutazione [32]. Nella pianificazione del trattamento devono inoltre essere presi in considerazione altri fattori tra cui possibilità di protesizzazione, condizioni sistemiche, considerazioni estetiche e qualità e quantità ossea.

Altri fattori, come l'impossibilità di ottenere un sigillo marginale ottimale con il restauro post-endodontico, fratture radicolari riscontrabili solo in fase chirurgica o il fallimento di una chirurgia endodontica, possono portare alla decisione di estrarre gli elementi coinvolti e sostituirli con impianti. Anche i pazienti devono essere ascoltati e

considerati al fine di soddisfare al meglio le loro aspettative e ottenere una compliance maggiore.

L'inserimento di un impianto post-estrattivo immediato è una tecnica valida paragonabile al posizionamento di un impianto in un sito guarito completamente [9]. La presenza di un focolaio infettivo attivo è stata considerata una tra le maggiori controindicazioni per l'inserimento di impianti immediati post-estrattivi [10–12].

Lo scopo di questa revisione è di valutare, considerando l'evidenza scientifica e la letteratura, l'inserimento immediato di impianti in siti infetti come un'alternativa per gli endodontisti nella gestione di elementi compromessi dopo la chirurgia endodontica o il ritrattamento o in loro sostituzione.

In prima analisi la letteratura scientifica su impianti immediati in siti infetti è scarsa. Sono stati trovati e inclusi solo 8 studi, di cui uno rappresentato da una prova in vitro su modello animale [13]. In questo studio gli autori hanno analizzato le performance di impianti posizionati in siti endodontici infetti dopo chirurgia periapicale al fine di rimuovere le infezioni indotte sperimentalmente in cani.

Nonostante sia stato dimostrato un contatto osso-impianto più alto nel gruppo dei controlli, tutti gli impianti sono stati reputati clinicamente accettabili.

Considerando i trial clinici, uno di questi è un case series [14], tre sono gli studi prospettici [19,20,22] e tre sono trial clinici randomizzati e controllati [18,21,23]. Solo in uno studio [20] gli impianti sono stati posizionati seguendo un protocollo di carico immediato entro 36 ore dalla chirurgia. Considerando tutti gli studi inclusi, è stato inserito un totale di 284 impianti in siti infetti in 170 pazienti. Il follow-up è variato da 1 a 6 anni dal carico. La rigenerazione ossea guidata è stata effettuata in ogni studio fatta eccezione per quello di Crespi [23] al fine di compensare i gap tra impianto e pareti alveolari.

La percentuale di successo dei trattamenti è stata alta in tutti gli studi presi in considerazione (compresa tra il 92% e il 100%) con follow-up compreso tra 12 e 72 mesi.

La natura delle lesioni dei denti affetti trattati, mostrata in *tabella 2*, è risultata essere per il 62% dei casi puramente endodontica. Lesioni parodontali sono state riscontrate nel 26,4% dei siti, dove fratture radicolari e lesioni endoparodontali sono risultate le problematiche meno frequenti (rispettivamente 4,2% e 2,1%).

A causa della differente natura tra lesioni parodontali ed endodontiche sono state eseguite analisi separate tra impianti posizionati in casi esclusivamente endodontici e casi endodontico-parodontali (*tabella 3*).

Sono stati posizionati in totale 174 impianti in siti con infezioni periradicolari. Il protocollo chirurgico richiede sempre un'accurata pulizia dell'alveolo dopo l'estrazione dentale e l'utilizzo di una tecnica rigenerativa dopo l'inserimento dell'impianto al fine di compensare i deficit ossei tra fixture e pareti alveolari.

L'analisi della media ponderata ha mostrato una percentuale di successo e una sopravvivenza del 96,52% con follow-up tra 1 e 6 anni.

Nonostante le limitazioni di questa revisione dovute al modesto numero di studi, alle dimensioni dei campioni e al periodo di follow-up, le analisi dei risultati possono essere utili nel suggerire una nuova alternativa terapeutica per gli endodontisti.

Tabella 2 Distribuzione degli impianti in base alla natura dell'infezione.

Autori	Impianti (totale)	Lesione				
		% Endodontica	% Parodontale	% Endo-parodontale	% Radice fratturata	Non specificato
Novaes Jr et al., 1995	3			33% (1)	66% (2)	
Lindeboom et al., 2006	50	100% (50)				
Casap et al., 2007	30	16,67% (5)	66,67% (20)	16,67% (5)		
Villa et al., 2007	76	20% (15)	72,3% (55)		7,7% (6)	
Siegenthaler et al., 2007	34	88,2% (30)			11,8% (4)	
Del Fabbro et al., 2009	61	100% (61)				
Crespi et al., 2010	30	50% (15)				50% (15)
TOTALE	284	62,0% (176)	26,4% (75)	2,1% (6)	4,2% (12)	5,3% (15)

Tabella 3 Tasso di sopravvivenza considerando solo gli impianti in siti con infezione endodontica.

Autore	Impianti P	%	Follow-up	% di sopravvivenza	Peso
Novaes Jr et al., 1995	3	100%	7-24 mesi	100%	0,02
Lindeboom et al., 2006	50	100%	12 mesi	92%	0,29
Casap et al., 2007	10	33%	18-72 mesi	90%	0,06
Villa et al., 2007	21	27,6%	12 mesi	100%	0,12
Siegenthaler et al., 2007	14	100%	12 mesi	100%	0,08
Del Fabbro et al., 2009	61	100%	12 mesi	98,4%	0,35
Crespi et al., 2010	15	50%	24 mesi	100%	0,08
TOTALE	174		7-72 mesi	96,52%	1

Le percentuali di successo dei ritrattamenti endodontici, sia chirurgici sia non chirurgici, ricavate dagli studi di Toronto [25,27,30,31] sono comparabili a quelle presentate in questa revisione riguardo l'implantologia immediata in siti infetti.

Conclusioni

L'inserimento immediato degli impianti in siti infetti può essere considerato una valida alternativa anche in sostituzione di trattamenti endodontici secondari. Sarà necessario un numero maggiore di studi controllati aventi follow-up più lunghi, randomizzati e ben progettati per dimostrare più ampiamente la sicurezza, anche nel lungo termine, del posizionamento impiantare immediato in siti infetti dopo estrazioni dentarie.

Rilevanza clinica: È possibile considerare, nella pratica clinica quotidiana, l'inserimento immediato di impianti dentali in siti con infezione attiva di origine endodontica dopo revisione attenta dell'alveolo come alternativa al ritrattamento endodontico.

Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

- Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int End J* 2007;40:919–39.
- Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *Int End J* 2008;41:6–31.
- Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of literature. *Int Endod J* 2008;41:1026–48.
- Del Fabbro M, Taschieri S, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Surgical versus non-surgical endodontic re-treatment for peri-radicular lesions. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;18(3):CD005511.
- Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of non surgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod* 2009;35:930–7.
- Gagliani M, Gorni F, Strohmenger L. Periapical resurgery versus periapical surgery: a 5-year longitudinal comparison. *Int Endod J* 2005;38:320–7.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Endodontic reoperation using an endoscope and microsurgical instruments: one year follow-up. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45(7):582–5.
- De Rouck T, Collis K, Cosyn J. Single-tooth replacement in the anterior maxilla by means of immediate implantation and provisionalization: a review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23(5):897–904.
- Chen S, Darby I, Reynolds E, Clement J. Immediate implant placement postextraction without flap elevation. *J Periodontol* 2009;80(1):163–72.

10. Schwartz-Arad D, Chaushu G. The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: a literature review. *J Periodontol* 1997;68(10):915–23.
11. Chen S, Wilson TJ, Hammerle C. Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biological basis, clinical procedures, and outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(Suppl):12–25.
12. Ayangco L, Sheridan P. Development and treatment of retrograde peri-implantitis involving a site with a history of failed endodontic and apicoectomy procedures: a series of reports. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16(3):412–7.
13. Chang SW, Shin SY, Hong JR, Yang SM, Yoo HM, Park DS, et al. Immediate implant placement into infected and noninfected extraction sockets: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:197–203.
14. Novaes Jr A, Novaes A. Immediate implants placed into infected sites: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:609–13.
15. Marcaccini M, Novaes Jr A, Souza S, Taba M, Grisi M. Immediate placement of implants into periodontally infected sites in dogs. Part 2: a fluorescence microscopy study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:812–9.
16. Novaes Jr A, Papalexou V, Grisi M, Souza S, Taba M, Kajiwarra J. Influence of implant microstructure on the osseointegration of immediate implants placed in periodontally infected sites. A histomorphometric study in dogs. *Clin Oral Impl Res* 2004;15:34–43.
17. Papalexou V, Novaes Jr A, Grisi M, Souza S, Taba M, Kajiwarra J. Influence of implant microstructure on the dynamics of bone healing around immediate implants placed into periodontally infected sites. A confocal laser scanning microscopic study. *Clin Oral Impl Res* 2004;15:44–53.
18. Lindeboom J, Tjiook Y, Kroon F. Immediate placement of implants in periapical infected sites: a prospective randomized study in 50 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:705–10.
19. Casap N, Zeltser C, Wexler A, Tarazi E, Zeltser R. Immediate placement of dental implants into debrided infected dentoalveolar sockets. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:384–92.
20. Villa R, Rangert B. Immediate and early function of implants placed in extraction sockets of maxillary infected teeth: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2007;97:596–108.
21. Siegenthaler D, Jung R, Holderegger C, Roos M, Hammerle C. Replacement of teeth exhibiting periapical pathology by immediate implants. *Clin Oral Impl Res* 2007;18:727–37.
22. Del Fabbro M, Boggian C, Taschieri S. Immediate implant placement into fresh extraction sites with chronic periapical pathologic features combined with plasma rich in growth factors: preliminary results of a single-cohort study. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2476–84.
23. Crespi R, Cappare P, Gherlone E. Fresh-socket implants in periapical infected sites in humans. *J Periodontol* 2010;81:378–83.
24. Friedman S, Abitbol S, Lawrence H. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod* 2003;29:787–93.
25. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phases I and II: orthograde retreatment. *J Endod* 2004;30:627–33.
26. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence H, Friedman S. Treatment outcome in endodontics – The Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endod* 2004;30(5):302–9.
27. Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. Treatment outcome in endodontics – The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *J Endod* 2004;30(11):751–61.
28. Marquis V, Dao T, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. *J Endod* 2006;32:299–306.
29. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study – Phase 4: initial treatment. *J Endod* 2008;34:258–63.
30. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study – Phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod* 2008;34:131–7.
31. Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study – Phases 3, 4 and 5: apical surgery. *J Endod* 2010;36:28–35.
32. Iqbal M, Kim S. What are the differences in outcomes of restored endodontically treated teeth compared to implant-supported restorations? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(Suppl): 96–116.
33. Iqbal M, Kim S. A review of factors influencing treatment planning decisions of single-tooth implants versus preserving natural teeth with nonsurgical endodontic therapy. *J Endod* 2008;34:519–29.



Available online at www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



ARTICOLO ORIGINALE

Debridement effectiveness of two different techniques using negative pressure irrigation system

Efficacia nella detersione di due differenti tecniche d'irrigazione a pressione negativa

Flavio Palazzi^{a,*}, Luciano Giardino^b, Zahed Mohammadi^c, Sandro Rengo^a,
Francesco Riccitiello^a

^a Department of Odontostomatological and Maxillofacial Sciences, Federico II University of Naples, Italy

^b Faculty of Dentistry, University of Torino, Italy

^c Department of Endodontics, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

Received 24 April 2012; accepted 3 September 2012

Available online 6 October 2012

KEY WORDS

Closed system model;
EndoVac;
Needle irrigation;
Negative pressure irrigation;
Smear layer.

PAROLE CHIAVE

Sistema canale chiuso;
EndoVac;
Irrigazione con siringa;
Irrigazione a pressione negativa;
Fango dentinale.

Summary

Objectives: To evaluate the cleaning efficacy of two apical negative pressure irrigation techniques compared to needle irrigation.

Materials and Methods: Eighty extracted human single canal teeth were shaped and assigned to 3 experimental groups (n = 20) according to the irrigation technique performed and two negative control groups (n = 10) as follows: 1) NI (Max-I-Probe side-vented needle irrigation); 2) EV (EndoVac system); 3) EVM (EndoVac-modified technique); 4) EV-C (EndoVac-negative control); 5) NI-C (needle irrigation-negative control). A scanning electron microscopic evaluation was performed. The presence of debris and smear layer at all levels (coronal, middle, apical) was evaluated.

Results and conclusions: A new irrigation protocol, using EndoVac System resulted in better removal of the smear layer at all levels.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Riassunto

Obiettivi: Valutare l'efficacia di due tecniche d'irrigazione a pressione apicale negativa paragonandole a quella tradizionale con siringa.

Materiali e metodi: Ottanta denti umani monocalari, assegnati a 3 gruppi sperimentali (n = 20) in accordo alla tecnica d'irrigazione utilizzata e due gruppi controllo (n = 10). 1) NI

* Corresponding author. Via Pansini, 5 - 80131 Napoli, Italy.
E-mail: flaviopalazzi@gmail.com (F. Palazzi).

(Irrigazione con siringa); 2) EV (EndoVac); 3) EVM (EndoVac-tecnica modificata); 4) EV-C (EndoVac-controllo negativo); 5) NI-C (Irrigazione con siringa-controllo negativo). Dopo detersione e sagomatura i campioni sono stati valutati attraverso la microscopia elettronica a scansione. I risultati sono stati analizzati statisticamente mediante analisi non parametrica della varianza ($p < 0.05$).

Risultati e conclusioni: Un nuovo protocollo d'irrigazione con il sistema endovac si è dimostrato significativamente più efficace nella rimozione del fango dentinale a tutti i livelli.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Introduction

The ideal outcome of root canal treatment is the effective destruction and removal of bacterial biofilms and their by-products from the root canal system (RCS), or at least their significant reduction to levels compatible with periradicular tissue healing [1]. Due to its anatomical complexities, such as isthmi, fins, deltas, and accessory canals, complete debridement of the RCS is a laborious challenge [2].

Current instrumentation techniques are ineffective in shaping and cleaning all surfaces and irregularities of the root canal space [3–6]. Additionally, accumulation of debris and producing smear layer are potential side effects of mechanical instrumentation [7], which may impede disinfection of the RCS in cases with apical periodontitis [8,9], harbour microorganisms and disrupt the seal between the root filling material and canal walls, possibly leading to treatment failure [10,11]. Therefore, irrigation using antimicrobial and tissue-dissolving irrigants is complementary to instrumentation in facilitating the removal of bacteria and disinfection of the RCS, flushing debris and necrotic tissue, and removing smear layer [12,13], especially from areas that are routinely left uninstrumented following root canal preparation, e.g. isthmuses, oval extensions and apical deltas [4,14].

Because of its broad spectrum antimicrobial efficacy [15,16] as well as its unique ability to dissolve organic debris [17,18], sodium hypochlorite (NaOCl) is recommended as the main irrigant during endodontic therapy [19]. However, it is not able to dissolve the inorganic components of dentine debris [20]. Seventeen per cent ethylenediaminetetraacetic acid (17% EDTA) is a chelating agent that is often used as the active final rinse to remove the inorganic component of the smear layer.

It is best used in combination, but not coincident, with NaOCl [19,21]. It was stated that removal of debris relies mostly on the flushing action of the irrigant [22,23]. Therefore, a sufficient volume, a high flow rate and an unrestricted flow of the irrigant along the canal walls are crucial for thorough debridement of the RCS [24–26]. Conventional manual irrigation with a syringe and needle remains widely accepted [4], although its flushing action is not sufficient in removing debris from root canal irregularities [13,14,27,28]. The flushing action and the extent of irrigant replacement of syringe irrigation is dependent on many factors such as the insertion depth and diameter of the needle [25,26,29]. The optimal needle depth may be also influenced by the presence of a curvature and by the final size and taper of the prepared root canal [22,30,31]. Moreover, gas entrapment could prevent optimal irrigant delivery and flow 0-2 mm from

the end-point of canals [32]. Several studies have shown that current irrigation methods are effective in cleaning root canals coronally but less are effective apically [33–35]. Huang et al. [31] and Sedgley et al. [36] reported that a thorough cleaning was attainable with the tip of the syringe located apically.

Different techniques and devices have been proposed to improve the flow and distribution of irrigating solutions within the RCS [27]. EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) is a commercially available negative pressure irrigation system that is designed to deliver irrigating solution to the apical end of the canal system and remove debris via a negative pressure mechanism. This system combines a master delivery/suction tip (MDT) (fig. 1) that simultaneously delivers and evacuates irrigants to/from the access cavity while drawing irrigants into the canal space by using macro- (fig. 2) and micro-cannulas (fig. 3). The EndoVac has been shown to introduce a higher flow of irrigant and produce better debridement at 1 mm from the working length (WL) when compared with positive pressure needle irrigation [37]. Nonetheless, no differences were observed for the canal area 3 mm short of the WL, in agreement with the findings of Siu and Baumgartner [38]. However, their comparisons are biased. Syringe irrigation was performed at 2 mm away from WL or even more, while Endovac was inserted to full WL. To be effective, endodontic irrigants should ideally be delivered close to WL. Irrigant replacement reached the WL only when the side-vented needle was placed within 1 mm from the WL [39]. Using an *ex vivo* open-end canal model, Abarajithan et al. [40] showed that both Endovac and conventional irrigation were ineffective in complete removal of smear layer from the apical third of root canal instrumented up to a master apical file (MAF) ISO size 60. Additionally, Susin



Figure 1 Master delivery tip.



Figure 2 Macro-cannulus.

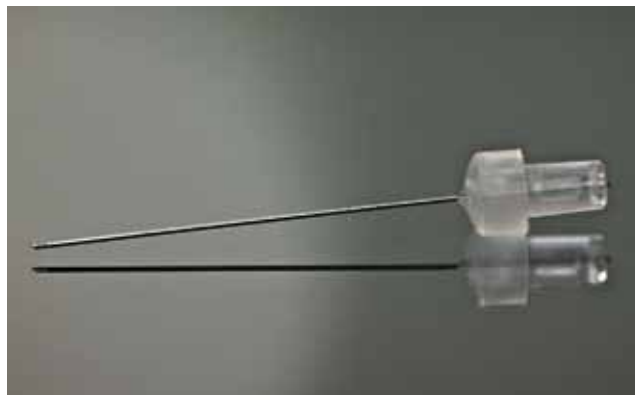


Figure 3 Micro-cannulus.

et al. [41] studied canal and isthmus debris debridement efficacies of apical negative pressure (ANP) technique in comparison with manual dynamic irrigation [42], using an *ex vivo* closed-end canal model. The ANP technique was unable to completely remove debris from the narrow isthmus present between the canals in the mesial root of mandibular molars, because of the difficulty in getting irrigating solutions to reach the isthmus and to create a strong enough current to flow through the isthmus.

Thus, the purpose of the present *ex vivo* study was to examine the canal debridement and smear layer removal efficacy of two irrigant delivery ANP techniques with EndoVac system versus positive pressure needle irrigation, using a closed canal design. The null hypotheses was that there is no difference between the canal debridement and smear removal by using two different ANP irrigant delivery techniques and needle irrigation, at different levels from the anatomical apex, in a simulated closed canal system.

Materials and Methods

Tooth selection and preparation

Eighty freshly extracted human permanent anterior single-rooted teeth with straight root canal (maxillary lateral incisors and mandibular incisors) were collected and stored in sterile saline before the investigation. The age of the patients from whom these teeth were extracted was less than (40%) and over (60%) 30. The inclusion criteria were small restorations, intact pulp chamber, and intact closed apices, whereas the exclusion criteria were previous root canal treatment, extensive restorations, root caries, root fractures, teeth with an irregular root canal anatomy, and root length less than 16 mm.

The study was approved by the Ethics Committee of Federico II Naples University. After preparation of the access cavity, root canal was negotiated using a size 10 stainless steel K-file, inserted into the root canal until the tip of the instrument was just visible at the apical foramen. The WL was determined by subtracting 1 mm from this length. Each tooth was radiographed in buccolingual and mesiodistal projections to detect any possible obstruction, to evaluate the shape of the root canal and to determine the degree of root canal curvature [43]. Teeth with no single canal system, canal

curvature angles of more than 20 degrees, calcified root canals, or root canals allowing introduction of an instrument exceeding ISO size 30 to the apical foramen were excluded. The incisal edge was adjusted, so that the length of each tooth was 21 mm from the apical foramen. To simulate *in vivo* conditions, each root had their apical foramina covered and sealed by hot flexible glue expressed from a hot glue gun. This set-up permitted recapitulation of canal patency but prevented fluid extrusion from the apical foramen during canal preparation. Then the cementum, totally from apex to the cemento-enamel junction and set glue were coated with tray adhesive (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA). Access cavity finishing and pulp canal orifice expansion were performed with sizes 5 and 3 ultrasonic tips Start-X (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Switzerland). The cervical bulge of dentine was removed by using X-Gates bur (Cavity Access Set; Dentsply, Maillefer, Baillagues, Switzerland). A glide path was established by mechanical instrumentation up to an apical diameter of 0.19 mm at the WL with sizes #13/.02, #16/.02, #19/.02 nickel-titanium (NiTi) rotary Pathfiles (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Switzerland). Briefly, the coronal two thirds of the root canals were enlarged by using Protaper S1 NiTi rotary instrument (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Switzerland) at the WL. Root canals were then instrumented to final size #40/.04 taper NiTi rotary GT Series X file (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Switzerland) in a crown-down approach to a standardized WL of 21 mm. Apical patency was confirmed with a small file (stainless steel hand k-file size 10) throughout the procedures after each larger file size. Before instrumentation, the teeth were divided into three experimental groups, according to the irrigation technique performed of 20 teeth each and two negative control groups for negative and positive pressure irrigation, of 10 teeth each, balancing the 5 groups with regard to age of the teeth, root curvature and number of round-shaped and oval-shaped canals.

Experimental groups

For all experimental groups, irrigation with 5.25% NaOCl (Nicolor 5; Ognalaboratori Farmaceutici, Muggiò, Italy) at 37 °C and with 17% EDTA (Ognalaboratori Farmaceutici, Muggiò, Italy) began before the use of the X-Gates drill. The canals were kept flooded with 5.25% NaOCl throughout

the instrumentation procedure. Finally, the canal was flushed with 17% EDTA followed by 5.25% NaOCl [44]. Each tooth in each group received an equal amount of time for irrigation and the same volume of irrigants. Altogether, 35 mL 5.25% NaOCl was used: three milliliters during access cavity finishing and pulp canal orifice expansion, 16 mL during rotary instrumentation, 10 mL during macro-irrigation and 6 mL for micro-irrigation (the first cycle and the final flush after EDTA application). Furthermore, 3 mL 17% EDTA was used for each tooth.

a) EV group (n = 20): EndoVac system

For the EV group, irrigation began during the use of the X-Gates drill. The irrigant was delivered into the pulp chamber by using MDT connected to the NaOCl syringe and placed above the access opening.

Suction tubing attached to the syringe tip through an aluminum adapter (*fig. 4*) removed any excess irrigant. This allowed the canal and pulp chamber to be full of irrigant at all times. During all instrumentation, the chamber was flooded with 2 mL 5.25% NaOCl replenished with 2 mL after each instrument. Once instrumentation was complete, when the MAF (#40/.04) reached WL, the canal was macro-irrigated and micro-irrigated according to the manufacturer's instructions. Thirty seconds of macroirrigation (active irrigation) with 5.25% NaOCl were accomplished as follows: 10 mL were delivered coronally by the MDT while macro-cannulus inserted into the canal was constantly moved up and down, from a point up to apically binding point (4 mm short of



Figure 4 Multi-Port Adapter.

the WL) to a point just below the canal orifice. The NaOCl was suctioned through the tip of the macro-cannulus while the NaOCl was constantly being replenished via the syringe tip. The irrigant was then left undisturbed for 60 seconds in a totally filled canal to allow further chemical reactions between fresh NaOCl and residual organic debris. Then 3 cycles of micro-irrigation were accomplished. During each cycle, pulp chamber was maintained full of irrigant delivered by metal needle of MDT over 30 seconds while the micro-cannulus was placed in sequence, at WL for 6 seconds, 2 mm short of the WL (6 seconds) and back to the WL for 6 seconds: this alternating movement between these positions lasted 30 seconds, allowing 18 seconds of active irrigation directly at WL. The micro-cannulus was at last withdrawn from the canal in the presence of a full irrigant pulp chamber, ensuring a totally filled canal for a 60 seconds passive wait. This completed 1 cycle of micro-irrigation. NaOCl (5.25%) was used in the first cycle. EDTA (17%) was used in the second cycle and NaOCl (5.25%) was used once again in the third cycle. After 3 cycles sequence and 60 seconds passive wait, NaOCl was aspirated using the micro-cannulus at WL.

b) EVM group (n = 20): EndoVac system-modified technique

For the EVM group, macro-irrigation began during rotary instrumentation as follows: 2 mL of 5.25% NaOCl between each instrument change by using at the same time MDT on pulp chamber and macro-cannulus into the root canal placed up to the apically binding point without "up-down" motion. The NaOCl was suctioned through the tip of the macro-cannulus while the NaOCl was constantly being replenished via the syringe tip. Once the MAF reached WL, the micro-cannulus replaced macro-cannulus and a 3 cycles sequence of micro-irrigation started at WL. The micro-cannulus was constantly left at WL without "up-down" movements. NaOCl (5.25%) was used in the first cycle. EDTA (17%) was used in the second cycle. NaOCl (5.25%) was used once again in the third cycle. After each cycle of micro-irrigation (30 seconds) a 60 seconds passive wait (pulp chamber and root canal full of fresh irrigant) followed. After micro-irrigation completion NaOCl was aspirated using the micro-cannulus at WL.

c) NI-group (n = 20): Needle irrigation group

For the needle irrigation group, irrigation began during the use of the X-Gates drill. The pulp chamber and canal were irrigated by using a conventional syringe and 30-gauge Haws Max-i-Probe side-vented needle (Dentsply Rinn). A two milliliters flush of 5.25% NaOCl over 30 seconds was used after each instrument, leaving the canal filled with irrigant and undisturbed for 60 seconds before using the next file. During irrigation, the needle was inserted in the canal as deep apically as possible without binding and to full WL. During irrigation the needle was constantly moved up and down (simulating macro-cannulus) from apically binding point on dentinal wall to a point just below root canal orifice to properly improve apical irrigant replacement [44]. Once the MAF reached WL, the canal received irrigation with 10 mL of 5.25% NaOCl over 30 seconds. The irrigant was then left undisturbed for 60 seconds. After a 60 seconds passive wait, three additional cycles of irrigation were used

(simulating micro-irrigation cycles). Each cycle involved irrigation with the needle constantly moving in 2 mm amplitudes (simulating micro-cannulus): this alternating "up-down" movement every 6 seconds between full WL and 2 mm short of the WL lasted 30 seconds, allowing 18 seconds of active irrigation directly at WL followed by a 60 seconds passive wait during what irrigant was left undisturbed. NaOCl (5.25%) was used in the first cycle. EDTA (17%) was used in the second cycle. NaOCl (5.25%) was used in the third cycle. The irrigant was aspirated from the canal by using a 30-gauge open-ended needle (NaviTip Ultradent, South Jordan, UT) that was placed at WL.

Control groups

a) EV-C group (n = 10): EndoVac-negative control

In this group, the same protocol for irrigation was followed as in EV group, but only saline solution was used as an irrigant.

b) NI-C group (n = 10): Needle irrigation-negative control

In this group, the same protocol for irrigation was followed as in NI group, but only saline solution was used as an irrigant.

Root Sectioning and Scanning Electron Microscope Examination

Upon completion of the respective irrigation protocol, the root canals were rinsed with 2.5 mL of sterile saline solution per canal to dilute the NaOCl solution and dried with multiple paper points. Additionally, shallow horizontal grooves were placed at 5 mm intervals from the apical foramen marking the apical third, middle third and coronal third of each root. Subsequently, the roots were split longitudinally in a buccolingual direction, resulting in 20 and 40 samples per control and experimental groups respectively. Two longitudinal grooves, which did not penetrate into the canal, were prepared along the buccal and lingual external root surface, using a narrow, pointed, high-speed tungsten carbide bur under copious water cooling to facilitate longitudinal splitting of the root and to expose the instrumented canal. Gentle tapping of a new razor blade placed in one of the grooves, with the root secured with two fingers, caused the splitting of the root into two longitudinal halves.

Both halves were fixed in 2% glutaraldehyde, dehydrated by using a graded series of ethanol solutions, mounted in aluminium stubs, gold-sputtered and examined under scanning electron microscope (SEM) (Autoscan Siemens, Erlangen, Germany) operating at 15 kV.

SEM Evaluation

Micrographs for assessing the efficacy of debris and smear layer removal were taken at 200X and 1,000X magnifications respectively, in the coronal, middle and apical parts of the canal walls according to a scale developed by Hülsmann et al. [45]. This five stage scale included a detailed verbal description and a visual example (i.e. a SEM photograph) for each gradation (1-5). **Debris** was defined as dentine chips, remnants of necrotic pulp tissue, and particles lying loose on the canal wall. The five-level scoring system employed for

assessing the efficacy of debris removal was: 1, clean root canal wall, only very few debris particles; 2, few small conglomerations of debris; 3, many conglomerations of debris covering less than 50% of the root canal wall; 4, more than 50% of the canal wall covered with conglomerations of debris; 5, complete or nearly complete cover of the canal wall with conglomerations. The **smear layer** was defined as a surface film of debris retained on dentine or other surfaces after instrumentation with either rotary instruments or endodontic files. The five-level scoring system employed for assessing the efficacy of smear layer removal was: 1, smear layer is completely absent. Most tubules are patent and debris-free (coronal third and middle third) or occluded with sclerotic casts (apical third); 2, smear layer covering less than 25% of the canal wall. Dentinal tubule orifices, when identified, may be reduced in dimensions owing to partial or complete occlusion by debris; 3, homogenous smear layer covering the root canal wall and evident in 25%–50% of the canal surface. Only a few dentinal tubules open. Dentinal tubule orifices, when identified, may be reduced in dimensions owing to partial or complete occlusion by debris; 4, homogeneous smear layer evident in 50%–75% of the canal surface and tubules; no open dentinal tubules; 5, heavy, homogeneous smear layer covering 75%–100% of the canal surface and tubules. As the last 2 mm of the apical third of most canal walls was highly sclerotic and the tubules were occluded by sclerotic casts, scoring could not be conducted based on the presence or absence of patent dentinal tubule orifices only. In those regions, assessment was made based on whether the sclerotic dentine was covered by the smear layer. The former, even in the complete absence of dentinal tubules, still retained the anatomy of sclerotic dentine. The latter could always be discerned by the presence of a flat surface that contains evidence of instrumentation. For each root half, 10 images for debridement effectiveness and 10 images for smear layer retention were taken from the coronal third, the middle third and the apical third (i.e. experimental groups: 20 images at 200X magnification · three locations · 60 roots = 3600 images/ 20 images at 1000X magnification · three locations · 60 roots = 3600 images).

The images were selected by an independent blinded operator in a random walk manner through the defined sections. Thereafter, the selected images were photographed, coded and randomly mixed. Separate blind evaluations were undertaken by four trained observers who were blinded and well versed in the interpretation of SEM morphology.

Separate evaluations were undertaken at each canal level. When agreement independently occurred on a score among the four examiners, agreed score was recorded. When discrepancies exist during the course of evaluation, a "forced agreement" between the four examiners was used, so that all examiners agreed on the scores for each image taken from each canal level. Intra-examiner and inter-examiner reliability and reproducibility for SEM assessment was verified using *Kappa* statistics to data, with a significance of 0.5. Statistical analysis of differences between groups with respect to debris and smear scores was performed by using the Kruskal Wallis nonparametric analysis of variance, followed by Dunn's rank sum test for pair-wise comparisons. The Friedman's test was used to analyze the results from each third of the same group. The level of significance was set at $p < 0.05$.

Results

The Cohen's k statistic was used to analyze intra-examiner and inter-examiner agreement among the evaluators: kappa test results, showed good to excellent reliability and reproducibility among the four observers, with all k -values ≥ 0.9 for the different groups and the difference between matched grades never exceeded 1 score. Debris and smear scores of the three experimental groups and the two control groups at coronal, middle and apical levels are expressed as percentage distribution in the *fig. 5* (graphs 5a and 5b respectively). Examination of the surface of the root canal walls in the

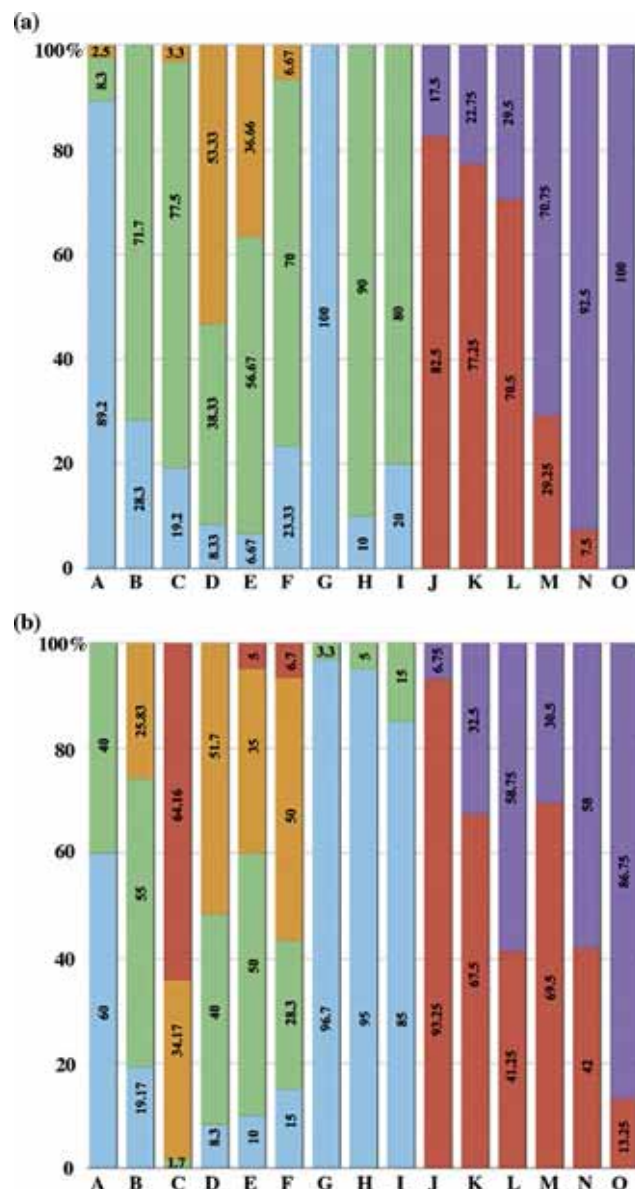


Figure 5 Percentage distribution of debris scores (a) and smear scores (b) at coronal (A,D,G,J,M), middle (B,E,H,K,N) and apical (C,F,I,L,O) levels in NI group (Needle irrigation / 30G-Max-I-Probe side-vented needle) (A-C), EV group (EndoVac System) (D-F), EVM group (EndoVac / modified technique) (G-I), EV-C group (EndoVac-negative control) (J-L), NI-C group (Needle irrigation-negative control) (M-O).

EV-control and NI-control groups revealed its complete or nearly complete cover with conglomerations of debris and a heavy homogeneous smear layer (*fig. 6*).

Examination of the surface of the root canal walls in the EVM group revealed clean root canal wall with only very few debris particles and few small conglomerations of debris and there was no smear layer at all (*fig. 6*).

Comparative evaluation of debris and smear layer scores between groups at each level has been demonstrated in *Tables 1* and *2*. The Kruskal-Wallis statistic showed that the smear layer and the debris scores for all the experimental groups were significantly different from those for the two control groups ($p < 0.001$). The Dunn's rank sum test showed no significant differences ($p > 0.05$) among all the experimental groups at the apical third with respect to the debris scores. Nonetheless, significantly better results were obtained for the coronal ($p < 0.001$) and middle ($p < 0.01$) areas in EVM group than in EV group. Furthermore, there was no statistically significant difference between NI and EVM groups ($p > 0.05$) at the coronal and middle levels, but significantly more debris were removed from the coronal ($p < 0.001$) and middle ($p < 0.001$) areas in NI group than in EV group. EVM technique performed significantly better than EV technique ($p < 0.001$) at all levels with respect to removal of the smear layer. Moreover, EVM protocol resulted in significantly more smear layer removal than needle irrigation at the coronal ($p < 0.05$), middle ($p < 0.001$) and apical ($p < 0.001$) levels. For the coronal region, significantly better results ($p < 0.001$) were detected in NI group than in EV group with respect to smear score; no significant difference ($p > 0.05$) between NI and EV groups was observed at the middle level.

Significantly more residual smear layer than in the EV group ($p < 0.001$), with scores of 3-5, was observed at the apical level in the NI group. The differences among all thirds of the same group, analyzed statistically by using the Friedman's test are illustrated in *Table 3*.

Discussion

In the present study cleansing and debridement efficacy of three different irrigation regimens, in the coronal, middle and apical thirds of root canal walls were investigated using SEM micrographs, separately for debris and smear layer, and the scoring system proposed [45]. The use of an *ex vivo* closed-end canal model more accurately simulates *in vivo* situations, in which the tooth's foramen and outer surface are sealed by the periodontal ligament and further embedded in alveolar bone [5,34].

A new protocol for ANP irrigation (EVM) with EndoVac system (Discus Dental, Culver City, CA, USA) was evaluated in comparison with EndoVac according to manufacturer's instructions and needle irrigation. For the EVM group macro-irrigation began during rotary instrumentation, between each instrument change by using at the same time MDT on pulp chamber and macro-cannulus into the root canal, placed up to the apically binding point without "up-down" motion; once the MAF reached WL, the micro-cannulus replaced macro-cannulus and a 3 cycles sequence of micro-irrigation started at WL; the micro-cannulus was constantly left at WL without "up-down" movements.

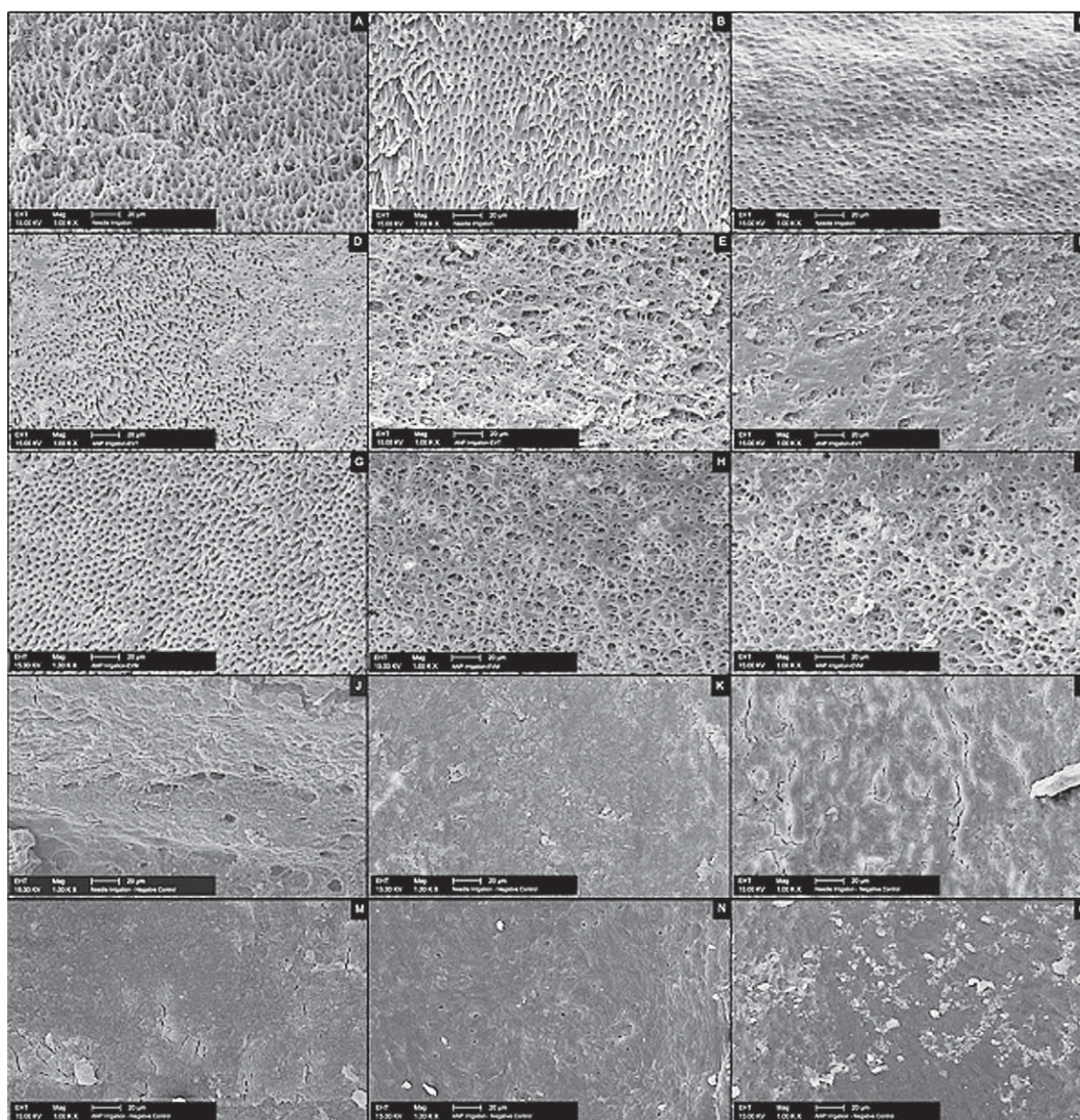


Figure 6 Scanning electron microscopy (SEM) images of the cleaned and shaped canal walls (Scale = 20 μm ; Mag = 1.00 K X; EHT = 15.00 kV) taken from coronal (A,D,G,J,M), middle (B,E,H,K,N) and apical (C,F,I,L,O) thirds for NI group (Needle irrigation) (A-C), EV group (EndoVac System) (D-F), EVM group (EndoVac-modified technique) (G-I), EV-C group (EndoVac-negative control) (J-L), NI-C group (Needle irrigation-negative control) (M-O).

An isolated observation of the coronal and middle thirds displayed that the EndoVac system (EV) was significantly less effective than needle irrigation in debris removal with only 8.33% and 38.33% of the coronal images and 6.67% and 56.67% of the middle micrographs showing scores 1 and 2 respectively. The introduction depth of cannulas tips and the distance to the dentinal wall seem to play an important role in the removal of debris, reinforcing the benefit of the physical flushing action [29]. Boutsoukis et al. [46] found that increasing the apical preparation size or taper of the root canal further than a certain value might in fact decrease the debridement efficacy of needle irrigation, because the average velocity and the wall shear stress decrease. A similar finding has been reported in a previous study simulating

irrigant flow in root canals with different apical sizes [47]. The larger distance of the cannulas and their tips to the dentinal walls in the coronal and middle thirds might have an effect on the mechanical debridement in these sections of the RCS. The closer distance of the cannulas and their tips to the dentine walls in the apical third might explain debris scores in this section of the RCS. The Friedman's statistic confirmed significantly better performance ($p < 0.001$) of the EndoVac system (EV) at the apical third than at the coronal and middle thirds with respect to debris score. When macro-irrigation began early during instrumentation (EVM protocol), it provided significantly more effective debris removal in the coronal and middle regions than in EV group, with 100% and 90% (respectively) of SEM

Table 1 Dunn's rank sum test for multiple pair-wise comparisons of debris scores for needle irrigation (NI) and ANP irrigation with EndoVac system according to manufacturer's instructions (EV) and to a new protocol (EVM).

Subgroups*			<i>p</i> value
(NI Coronal) ^a	<i>versus</i>	(EV Coronal) ^b (EVM Coronal) ^a (EV-C Coronal) ^c (NI-C Coronal) ^c	<i>p</i> < 0.001
(NI Middle) ^d	<i>versus</i>	(EV Middle) ^e (EVM Middle) ^d (EV-C Middle) ^f (NI-C Middle) ^f	
(NI Apical) ^g	<i>versus</i>	(EV Apical) ^g (EVM Apical) ^g (EV-C Apical) ^h (NI-C Apical) ^h	

Significance level of $\alpha = 0.05$; *Subgroups with same superscript are not statistically significant ($p > 0.05$); EV-C: EndoVac-negative control; NI-C: Needle irrigation-negative control; ANP: apical negative pressure.

Table 2 Dunn's rank sum test for multiple pair-wise comparisons of smear scores for needle irrigation (NI) and ANP irrigation with EndoVac system according to manufacturer's instructions (EV) and to a new protocol (EVM).

Subgroups*			<i>p</i> value
(N Coronal) ^a	<i>versus</i>	(EV Coronal) ^b (EVM Coronal) ^c (EV-C Coronal) ^d (NI-C Coronal) ^e	<i>p</i> < 0.001
(NI Middle) ^f	<i>versus</i>	(EV Middle) ^f (EVM Middle) ^g (EV-C Middle) ^h (NI-C Middle) ^h	
(NI Apical) ^l	<i>versus</i>	(EV Apical) ^j (EVM Apical) ^k (EV-C Apical) ^l (NI-C Apical) ^l	

Significance level of $\alpha = 0.05$; *Subgroups with same superscript are not statistically significant ($p > 0.05$); EV-C: EndoVac-negative control; NI-C: Needle irrigation-negative control; ANP: apical negative pressure.

micrographs showing score 1 and no significant difference between middle and apical thirds. Susin et al. [41] suggested that the difficulty in getting irrigating solutions to reach the isthmus and to create a strong enough current to flow through the isthmus between canals could explain why ANP irrigation did not completely remove debris from the isthmus regions in a closed canal system. It should be noted that debris removal is certainly much more difficult in the narrow isthmus regions

Table 3 Statistical analysis of differences among all thirds of the same group (Friedman's test).

Groups		C vs M	C vs A	M vs A
NI	debris scores	***	***	*
	smear scores	***	***	***
EV	debris scores	**	***	***
	smear scores	ns	ns	*
EVM	debris scores	***	***	ns
	smear scores	ns	*	ns
EV-C	debris scores	ns	ns	ns
	smear scores	***	***	***
NI-C	debris scores	***	***	US
	smear scores	***	***	***

C: coronal third; M: middle third; A: apical third; significance level of $\alpha = 0.05$; *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$; ns: $p > 0.05$.

than in the instrumented canals, since this complicated morphology renders it extremely difficult for the delivery of a large volume of irrigant with a high flow rate even with the use of the ANP technique. It is possible to assume that ANP irrigation performed following EVM protocol could improve debridement efficacy into uninstrumented areas of RCS.

No significant differences were detected in debris removal among NI apical, EV apical, and EVM apical subgroups with most of the SEM images showing score 1 (19.2%, 23.33%, 20% respectively) and 2 (77.5%, 70%, 80% respectively). It is possible to assume that apical size and taper of the root canal results in a sufficient increase in the cross-sectional area of the annulus between the needle or cannulas and the root canal wall to supply adequate irrigant flow rate to the WL without blocking the backflow. It must be emphasized that the disruption or detachment of debris cannot ensure their removal unless there is a favorable irrigant flow to carry them toward the canal orifice (reverse flow) [47]. Although no consensus exists regarding the minimum apical preparation size or taper, instrumentation to size ISO #35 or #40 results in clinically adequate irrigant volume amounts for both positive and negative pressure systems [48]. Following the manufacturer's recommendations, an ISO #35 was considered to be the smallest apical size to effectively allow irrigant to pass circumferentially around the 0.32 mm micro-cannulus. An increase in size from ISO #35 to ISO #40 resulted in a percentage gain of approximately 44% in mean irrigant volume [48]. As the apical size increases to a size of ISO #40, there is a decreased chance of suction holes, along the side of the last 0.70 mm of the micro-cannulus, contacting the root canal wall and becoming blocked. Also, the concomitant and more potent coronal aspiration with the MDT competes with the micro-cannulus for fluid evacuation.

For the EV group, the micro-cannulus was placed in sequence at WL for 6 seconds, 2 mm short of the WL and back to the WL and so on: this alternating movement allows for the removal of micro-bubbles of ammonium and carbon

dioxide resulting from the hydrolysis of organic tissue. In the apical third these micro-bubbles could isolate residual tissue from further contact with hypochlorite, adhering to the dentinal walls, the micro-cannulus and tissue remnants. As the apical size increases to a size of ISO #40, the larger area surrounding the micro-cannulus also allows for increased volume of irrigant to the micro-cannulus tip and increased wall shear stress [48]: "up-down" movements become unnecessary.

Concerning coronal level, the needle irrigation achieved significantly more smear layer free canal walls than EndoVac System (EV) with 60% and 40% (versus 8.3% and 40%) of micrographs showing smear score 1 and 2 respectively, with a trend toward better smear layer removal in the middle third too (19.17% and 55% versus 10% and 50% of the images showing score 1 and 2 respectively). It might be speculated that the coronal and middle thirds are flushed more often with NaOCl during the clinical procedure, resulting in better debridement and smear removal coronally. In the EV group, only after reaching WL with the MAF, macro-irrigation with the EndoVac was accomplished. Sodium hypochlorite was then used to replenish the irrigant only in the pulp chamber after each rotary NiTi instrument, injecting fresh NaOCl down the canal, since fresh NaOCl was dynamically exchanged throughout instrumentation. When the instrument is removed coronally, according to Archimedean principle of fluid displacement, the NaOCl from the pulp chamber should replace it [49]. This constant exchange would negate the need for injecting fresh NaOCl down the canal. It is possible to assume that upon completion of all rotary preparations, the root canals could be clean, but not enough to allow effective debris and smear removal at the end of root canal treatment. The micro-hurricane of NaOCl created inside the RCS by using the macro-cannulus, could create a pressure-washing effect along the dentinal walls not sufficient to ensure effective flushing action of irrigants and macro debris evacuation.

Abarajithan et al. [40] showed that ANP irrigation and conventional irrigation were equally effective in removing smear layer from the coronal and middle thirds of the root canals, while in the apical third the Endovac system performed significantly better than needle irrigation. Their results are questionable because apical size preparation was in their study standardized to ISO size #60 to improve the irrigant flow into open-end root canals. The difference in smear layer removal at all levels between EVM and EV protocols was statistically significant ($p < 0.001$), and both techniques performed significantly better than needle irrigation in the apical region ($p < 0.001$). A possible explanation of this finding is that positive pressure irrigation might fail to avoid vapor lock effect in a closed canal system, that more accurately simulate *in vivo* application of irrigants, with less effective contact time between irrigants and dentine in the apical third. Vapor lock that results in trapped air in the apical third of root canals might hinder the exchange of irrigants and affect their debridement efficacy [32].

Parente et al. [50] reported that ANP irrigation can overcome the fluid dynamics challenges inherent in closed canal systems, producing clean dentinal surfaces in closed-end root canals instrumented to size #40/.06 taper. The EndoVac system's effectiveness in producing clean dentinal surfaces may be attributed to its ANP approach. Placement of the

macro-cannulus at middle-apical third of the canal followed by the placement of the micro-cannulus directly at the apical end enables an irrigant to be suctioned in sufficient volume and flow to displace debris and remove smear layer. Additionally, the orifices of the micro-cannulus provide a portal of exit for canal debris in closed-end canal systems. In our study, root canal preparation to final size #40/.04 taper was estimated [48] to represent a good balance of tooth structure preservation and adequate volume of irrigation at the apical third when using the ANP irrigation system, since an increase in preparation taper from size #40/.04 taper to size #40/.06 taper resulted in volume percentage gain of only 5.4% [48]. The negative pressure irrigation according to EVM technique performed significantly better than EndoVac system (EV) also at the apical level ($p < 0.001$): this finding might be attributed to 30 seconds of active irrigation for "microcycle" with micro-cannulus constantly placed at full WL, providing a supportive effect on smear layer removal. The Friedman's test confirmed almost uniform high effectiveness for EVM protocol throughout root canals with respect to smear score, with no significant difference between middle and apical thirds ($p > 0.05$) and between coronal and middle thirds ($p > 0.05$). The results obtained from this study rejected the null hypothesis. Under laboratory conditions both negative and positive pressure irrigations with NaOCl and EDTA as irrigants, showed no statistically significant difference in antimicrobial efficacy against *E.faecalis* [51,52], confirming that deep disinfection depends on penetration ability of irrigants into dentinal tubules.

Negative pressure irrigation may improve irrigants volumes, intimacy and time of contact with root canal walls, especially into uninstrumented areas of the RCS, enhancing surface debridement and disinfection: it would be of interest to optimize exposure time and volume for root canal irrigants balancing debridement and disinfection effectiveness with respect of the structural and mechanical properties of dentine.

Conclusions

Under the conditions of the present study, ANP irrigation showed significantly better performance in removing smear layer compared with needle irrigation in the apical third of RCS. A new irrigation protocol by using EndoVac System resulted in better removal of the smear layer than EndoVac system used according to the manufacturer's instructions and needle irrigation, at all levels, in a simulated closed canal system. Further research is needed to confirm our results in curved canals and to determine whether this difference in remaining canal debris affects clinical success.

Clinical relevance: Although instruments remove most of the canal contents in the main root canal area, irrigation plays an indispensable role in all areas of the RCS inaccessible for instrumentation. One of the most favorable features of irrigants is their flushing action. A new irrigation protocol by using EndoVac System could ensure a pressure-washing effect along the dentinal walls sufficient to allow effective flushing action of irrigants at all levels. Moreover it could produce a strong enough current to flow through the isthmus between canals delivering large volume of irrigants with a high flow rate and allowing effective macro debris evacuation.

Conflict of interest

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at <http://dx.doi.org/10.1016/j.gien.2012.09.001>.

References

- Siqueira JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291–301.
- Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589–99.
- Siqueira Jr JF, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod* 1997;23:499–502.
- Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559–67.
- Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod* 2007;33:782–7.
- Vaudt J, Bitter K, Neumann K, Kielbassa AM. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel-titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *Int Endod J* 2009;42:22–33.
- Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 2009;35:1044–7.
- Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99:231–52.
- Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 2007;33:917–25.
- Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod* 1994;20:78–82.
- Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2007;33:96–105.
- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005;10:77–102.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004;37:672–8.
- Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 2001;34:137–41.
- Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J* 2001;34:300–7.
- Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:142–9.
- Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod* 2004;30:785–7.
- Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *J Am Dent Assoc* 1941;28:223–5.
- Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389–98.
- Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1981;52:197–204.
- Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 1987;13:147–57.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 2004;37:607–12.
- van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J* 2005;38:764–8.
- Moser JB, Heuer MA. Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1982;53:425–8.
- Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J* 2007;40:11–7.
- Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983;9:475–9.
- Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.
- Cunningham WT, Martin H, Forrest WR. Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1982;53:401–4.
- Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1982;54:323–8.
- Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod* 2005;31:742–5.
- Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J* 2008;41:60–71.
- Tay FR, Gu LS, Schoeffel JG, Wimmer C, Susin L, Zhang K, et al. The effect of vapor lock on root canal debridement using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010;36:745–50.
- Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod* 2002;28:837–9.
- Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation. *J Endod* 2005;31:166–71.
- Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J* 2006;32:123–8.
- Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J* 2005;38:97–104.
- Nielsen BA, Baumgartner CJ. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod* 2007;33:611–5.
- Siu C, Baumgartner JC. Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. *J Endod* 2010;36:1782–5.

39. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, et al. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 2010;36:1664–8.
40. Abarajithan M, Dham S, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H. Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:407–11.
41. Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, et al. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int End J* 2010;43:1077–90.
42. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen “bio-molecular film” from an ex vivo model. *Int End J* 2008;41:602–8.
43. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32:271–5.
44. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod* 1982;8(11):487–92.
45. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 1997;23:301–6.
46. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LW. The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *Int Endod J* 2010;43:909–16.
47. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LW. The effect of preparation size on the irrigant flow in the root canal: evaluation by an unsteady computational fluid dynamics model. *Int Endod J* 2010;43(10):874–81.
48. Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 2010;36:721–4.
49. Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, Part 3: System components and their interaction. *Dent Today* 2008 Aug;27(8):106. 108–11.
50. Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, et al. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J* 2010;43:1001–12.
51. Brito PRR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, Alves FR, De Deus G, Lopes HP, et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: An in vitro study. *J Endod* 2009;35:1422–7.
52. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. *J Endod* 2010;36:509–11.

ARTICOLO ORIGINALE

Efficacia nella detersione di due differenti tecniche d'irrigazione a pressione negativa

Flavio Palazzi, Luciano Giardino, Zahed Mohammadi, Sandro Rengo, Francesco Riccitiello

Introduzione

Il risultato ideale di un trattamento endodontico è l'efficace distruzione e/o la rimozione completa dei biofilm batterici e loro sottoprodotti dal sistema dei canali radicolari (SCR); obiettivo auspicabile dovrà essere la loro significativa riduzione a livelli compatibili con la guarigione dei tessuti periradicolari [1]. In virtù delle complessità anatomiche che lo caratterizzano (istmi, ramificazioni collaterali, delta apicali, canali accessori ecc.) la detersione completa del SCR è ancora oggi una sfida proibitiva [2].

Le attuali tecniche di strumentazione risultano infatti inefficaci nel sagomare e detergere completamente le superfici e le irregolarità dell'endodonto [3-6]. L'accumulo di detriti e la produzione di fango dentinale rappresentano inoltre potenziali effetti collaterali della strumentazione meccanica [7], perché potenzialmente capaci di determinare il fallimento della terapia endodontica: essi possono compromettere la qualità della disinfezione in pazienti affetti da parodontite apicale [8,9] e ospitare microrganismi ed inficiare il sigillo tra materiale da obturazione endodontica e pareti canalari [10,11].

L'irrigazione con irriganti dotati di attività antimicrobica e capacità di dissoluzione dei tessuti dovrà essere necessariamente complementare alla strumentazione nella disinfezione del SCR e sinergica nella rimozione di detriti, tessuto necrotico, e fango dentinale [12,13], specialmente in aree (istmi, estensioni ovali e delta apicali ecc.) non strumentate al termine della sagomatura [4,14].

Nella terapia endodontica l'ipoclorito di sodio (NaOCl) è raccomandato quale irrigante d'elezione per la detersione del SCR [15], in virtù dell'efficacia antimicrobica ad ampio spettro [16,17] unita alla capacità di dissolvere i residui tissutali organici [18,19]. L'acido etilendiamminotetracetico (EDTA) è un agente chelante, spesso utilizzato come lavaggio finale attivo per la rimozione della componente inorganica del fango dentinale. L'incapacità dell'NaOCl nel dissolvere la componente inorganica dei detriti dentinali [20] ne suggerisce l'applicazione clinica in combinazione con EDTA al 17%, ma senza contemporaneità di applicazione [15,21].

È stato evidenziato come la rimozione dei detriti dipenda principalmente dall'azione di flusso dell'irrigante [22,23]; un volume totale sufficiente, un'elevata portata ed un flusso non limitato d'irrigante lungo le pareti canalari, risulteranno essenziali al pari di ricambio e tempo di contatto adeguati, nel perseguire la completa detersione del SCR [24-26]. L'irrigazione manuale con siringa e ago risulta ampiamente accettata [4], sebbene l'azione di flusso assicurata da tale sistema d'irrigazione risulti insufficiente nel garantire la rimozione dei detriti da tutte le irregolarità dei sistemi canalari [13,14,27,28]. Nei protocolli d'irrigazione con siringa l'azione di flusso, l'estensione in senso apicale della penetrazione e il ricambio delle soluzioni irriganti dipendono da diversi fattori, tra cui la profondità d'inserzione nel canale radicolare e il diametro dell'ago [25,26,29].

Il conseguimento di una profondità ottimale nell'inserzione dell'ago può a sua volta essere condizionato dal grado di curvatura del canale radicolare e da conicità e diametro apicali al termine della sagomatura [22,30,31]. L'intrappolamento di gas nello spazio endodontico potrebbe rappresentare un ulteriore ostacolo ad un rilascio e ad un flusso di irrigante ottimali a 0-2 mm dal termine apicale dei canali radicolari [32].

Diversi studi hanno evidenziato come gli attuali sistemi di irrigazione risultino efficaci nella detersione delle porzioni coronali dell'SCR, rivelandosi molto meno efficaci apicalmente [33-35]. Huang et al. [31] e Sedgley et al. [36] hanno confermato in caso di irrigazione con siringa l'opportunità di posizionare apicalmente la punta dell'ago perché risulti possibile un'accurata e completa detersione dei sistemi canalari.

Diversi dispositivi e tecniche sono stati proposti per potenziare il flusso e la distribuzione delle soluzioni irriganti all'interno del SCR [27]. L'EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) è un sistema d'irrigazione disponibile in commercio, progettato per rilasciare in sicurezza le soluzioni irriganti al termine apicale dei sistemi canalari e rimuovere nel contempo i detriti mediante un meccanismo a pressione apicale negativa. Questo sistema combina una *master delivery tip* (MDT: un puntale metallico per l'erogazione delle soluzioni irriganti in cavità d'accesso è unito ad una bocchetta in plastica che garantisce la simultanea aspirazione degli eccessi) (*fig. 1*), con una macro-cannula (*fig. 2*) ed una micro-cannula (*fig. 3*) in grado di richiamare per aspirazione gli irriganti nello spazio canale, anche alla lunghezza di lavoro (LL), ricreando una pressione negativa apicale. Nielsen e Baumgartner [37] hanno evidenziato la possibilità di assicurare con il sistema EndoVac un maggior flusso d'irrigante ed una più efficace detersione canale ad 1 mm dalla LL rispetto all'irrigazione a pressione positiva con siringa e ago. In tale studio condotto su denti estratti non sono state tuttavia osservate differenze in efficacia per l'area canale situata a 3 mm dalla LL, in accordo con i risultati di Siu e Baumgartner [38]. Gli irriganti dovrebbero idealmente essere rilasciati in prossimità della LL, perché possano rivelarsi parimenti efficaci



Figura 1 Master delivery tip.

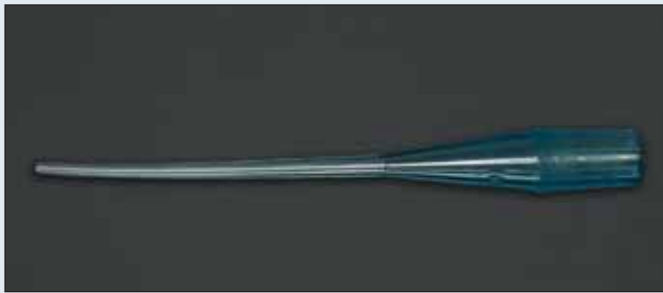


Figura 2 Macro-cannula.

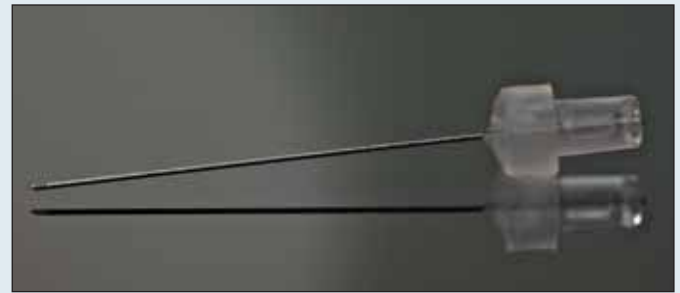


Figura 3 Micro-cannula.

nel terzo apicale dei canali radicolari. Un'attenta analisi di entrambi i protocolli di studio [37,38] non può sottostimare come l'irrigazione con siringa sia stata eseguita con ago ad estremità cieca e porta d'uscita laterale posizionato a 2 mm dalla LL, mentre la micro-irrigazione nel gruppo EndoVac sia stata condotta con la micro-cannula inserita alla LL. La sostituzione degli irriganti infatti è assicurata alla LL quando un ago ad estremità cieca e porta d'uscita laterale viene posizionato entro 1 mm dalla LL stessa [39]. Utilizzando un modello di studio *ex vivo* con sistemi canalari aperti, Abrajithan et al. [40] hanno verificato l'inefficacia del sistema EndoVac e dell'irrigazione con siringa nel rimuovere completamente il fango dentinale nel terzo apicale di canali radicolari con diametro apicale al termine della sagomatura ISO #60. Susin et al. [41] hanno inoltre verificato, in uno studio comparativo *ex vivo* con sistemi canalari chiusi, l'efficacia di una tecnica di irrigazione a pressione apicale negativa e dell'irrigazione manuale dinamica nella rimozione dei detriti nei canali radicolari e negli istmi delle radici mesiali di primi molari mandibolari [42]. La tecnica a pressione negativa non si è rivelata in grado di produrre una corrente di flusso sufficientemente forte da consentire alle soluzioni irriganti di guadagnare gli istmi sottili, attraversarli nella loro completa estensione ed assicurare la rimozione completa dei detriti. Pertanto, l'obiettivo del presente studio *ex vivo* è stato esaminare l'efficacia nella detersione canale e nella rimozione del fango dentinale di due tecniche di irrigazione a pressione negativa con il sistema EndoVac e dell'irrigazione con siringa, utilizzando un modello di studio con sistemi canalari chiusi. L'ipotesi nulla è stata così definita: nessuna differenza nella qualità della rimozione dei detriti e del fango dentinale a diversi livelli dall'apice anatomico, tra due diverse tecniche di irrigazione a pressione apicale negativa e l'irrigazione con siringa.

Materiali e metodi

Selezione e preparazione dei denti campione

Ottanta denti umani permanenti, anteriori monoradicolati (incisivi laterali mascellari ed incisivi mandibolari) con canale rettilineo, appena estratti, sono stati raccolti e conservati in soluzione fisiologica sterile prima dell'esecuzione dello studio. L'età dei pazienti da cui tali denti sono stati estratti era inferiore (40%) e superiore (60%) ai 30 anni. Criteri di inclusione sono stati piccoli restauri, camera pulpare intatta e apici intatti e chiusi, mentre criteri di esclusione sono stati un precedente trattamento canale, estesi restauri, carie radicolare, fratture radicolari e denti con anatomia endodontica irregolare o lunghezza della radice inferiore a 16 mm.

Lo studio è stato approvato dal Comitato Etico dell'Università di Napoli Federico II. Dopo la preparazione delle cavità di accesso, i canali radicolari sono stati negoziati utilizzando un K-file ISO #10 (10/100 di mm) in acciaio inserito fino a che la punta dello strumento risultasse appena visibile al forame apicale. La lunghezza di lavoro è stata determinata sottraendo 1 mm alla lunghezza così determinata. Ciascun dente è stato radiografato nelle proiezioni buccolinguale e mesiodistale al fine di rilevare eventuali ostacoli al sondaggio, valutare la morfologia del canale radicolare e determinare il grado di curvatura [43]. Sono stati esclusi denti non aventi un SCR con canale unico, con angoli di curvatura del canale di oltre 20 gradi, con canali radicolari calcificati o che consentissero l'introduzione al forame apicale di uno strumento di sondaggio con diametro in punta superiore a una dimensione ISO #30. Il margine incisale di ciascun elemento è stato modificato, in modo che la LL di ciascun dente risultasse uniformata ad un valore di 21 mm dal forame apicale. Per simulare le condizioni *in vivo*, i forami apicali di ogni radice sono stati ricoperti e sigillati con una colla calda e flessibile liberata da una pistola per colla a caldo. Tale *set-up* ha permesso la ricapitolazione della pervietà del canale, prevenendo nel contempo, durante la sagomatura, l'estrusione di fluido dal forame apicale. La colla flessibile del *set-up* e il cemento radicolare sono stati in seguito rivestiti totalmente dall'apice radicolare alla giunzione smaltocemento con un adesivo per portaimpronta (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA). La rifinitura della cavità di accesso e l'espansione degli orifizi canalari sono state eseguite con le punte ad ultrasuoni Start-X (Dentsply Maillefer, Baillagues, Svizzera) numeri 5 e 3. Il rigonfiamento cervicale di dentina è stato rimosso utilizzando una fresa X-Gates (Cavity Access Set; Dentsply, Maillefer, Baillagues, Svizzera). Un sentiero di percorribilità al termine apicale del canale è stato realizzato fino ad un diametro apicale di 0,19 mm alla LL con strumenti rotanti in nickel-titanio (NiTi) Pathfiles (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Svizzera) #13/.02, #16/.02, #19/.02. I due terzi coronali dei canali radicolari sono stati sagomati utilizzando alla LL uno strumento rotante in NiTi ProTaper S1 (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Svizzera). I canali radicolari sono stati poi strumentati fino ad una dimensione apicale #40, conicità .04 (MAF, *master apical file*) con strumenti NiTi rotanti GT Series X (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Svizzera) utilizzati in un approccio crown-down alla LL standardizzata di 21 mm. La pervietà apicale è stata confermata con un K-file #10 manuale in acciaio dopo ogni file di dimensioni maggiori nel corso dell'intera procedura. Prima della strumentazione, i denti sono stati divisi in tre gruppi sperimentali di 20 denti ciascuno, in virtù della tecnica d'irrigazione eseguita ed in due gruppi controllo (negativo) per l'irrigazione a pressione negativa e positiva con siringa di 10 denti cia-

scuno, bilanciando i 5 gruppi per età dei "denti", grado di curvatura radicolare e numero di canali di forma circolare e/o di forma ovale.

Gruppi sperimentali

Per tutti i gruppi sperimentali, l'irrigazione è iniziata prima dell'utilizzo della X-Gates con NaOCl al 5,25% (Nicolor 5; Ognalaboratori Farmaceutici, Muggiò, Italia) a 37 °C e con EDTA al 17% (Ognalaboratori Farmaceutici, Muggiò, Italia). I canali sono stati mantenuti colmi di NaOCl al 5,25% nel corso dell'intera procedura di strumentazione. Al termine della sagomatura i canali sono stati asciugati con coni di carta bibula, irrigati con EDTA al 17%, nuovamente asciugati con coni di carta ed irrigati in seguito con NaOCl al 5,25% [44]. Ogni dente in ogni gruppo ha ricevuto lo stesso volume d'irriganti per un tempo totale d'irrigazione costante. Sono stati utilizzati complessivamente 35 ml di NaOCl al 5,25%: 3 ml durante la rifinitura della cavità di accesso e l'espansione degli orifizi canalari, 16 ml durante la strumentazione rotante, 10 ml durante la macro-irrigazione e 6 ml durante la micro-irrigazione (primo ciclo e ciclo finale dopo l'applicazione di EDTA). Inoltre sono stati utilizzati 3 ml di EDTA al 17% per ogni dente.

a) Gruppo EV (n = 20): Sistema EndoVac

Per il gruppo EV l'irrigazione è iniziata durante l'uso della X-Gates. L'irrigante è stato rilasciato nella camera pulpare utilizzando la MDT posta sopra il margine della cavità d'accesso e collegata alla siringa con NaOCl al 5,25%. La bocchetta in plastica aspirante, connessa all'aspirazione ad alta velocità del riunito dentale mediante un adattatore in alluminio (fig. 4), sovrasta il puntale di erogazione montato alla punta della siringa, garantendo in fase d'irrigazione la rimozione simultanea di qualsiasi eccesso d'irrigante. Ciò ha assicurato una camera pulpare colma ed un canale radicolare pieno d'irrigante durante l'intera procedura di sagomatura: la camera pulpare è stata irrigata con 2 ml di NaOCl al 5,25%, rinnovato (2 ml) dopo ogni strumento rotante. Dopo aver ultimato la strumentazione meccanica con l'utilizzo del MAF #40/.04 alla LL, il canale è stato macro-irrigato e micro-irrigato secondo le indicazioni fornite dall'azienda produttrice. Trenta secondi di macro-irrigazione (irrigazione attiva) con NaOCl al 5,25% sono stati realizzati come segue: 10 ml sono stati erogati coronalmente dalla MDT, mentre la macro-cannula, inserita nel canale, è stata costantemente mossa su e giù, da una posizione immediatamente coronale al punto d'impegno apicale (LL meno 4 mm) ad una posizione appena al di sotto dell'orifizio d'ingresso del canale. Coronalmente al terzo apicale del canale il ricambio dell'NaOCl, costantemente rinnovato in camera pulpare dal puntale erogatore della MDT, è stato assicurato per aspirazione attraverso la punta della macro-cannula. In un canale totalmente riempito (per effetto dell'estrazione anticipata dal canale della macro-cannula con camera pulpare colma d'irrigante per azione della MDT) l'irrigante è stato lasciato riposare per 60 secondi al fine di favorire ulteriori reazioni chimiche tra la soluzione fresca di NaOCl ed i residui detriti organici. Sono stati in seguito realizzati tre cicli di micro-irrigazione. Durante ogni ciclo della micro-fase dell'irrigazione la camera pulpare è stata mantenuta colma d'irrigante, rilasciato dall'ago in metallo della MDT per oltre 30 secondi, mentre la micro-cannula è stata posizionata in sequenza, alla LL per 6 secondi, a 2 mm dalla LL (6 secondi)

ed ancora alla LL per 6 secondi: questo movimento alternato tra queste posizioni è durato 30 secondi, consentendo 18 secondi di irrigazione attiva direttamente alla LL. La micro-cannula è stata infine estratta dal canale in presenza di una camera pulpare piena di irrigante per assicurare un canale completamente colmo d'irrigante prima di un'attesa passiva di 60 secondi. Quest'ultima ha completato un ciclo di micro-irrigazione. L'NaOCl al 5,25% è stato utilizzato nel primo ciclo. L'EDTA al 17% è stato utilizzato nel secondo ciclo. L'NaOCl al 5,25% è stato nuovamente utilizzato nel terzo ciclo. Dopo una sequenza di 3 cicli ed un'attesa passiva finale di 60 secondi l'NaOCl è stato aspirato con la micro-cannula alla LL.

b) Gruppo EVM (n = 20): Sistema EndoVac/tecnica modificata

Per il gruppo EVM, la macro-irrigazione è iniziata durante la strumentazione rotante come segue: 2 ml di NaOCl al 5,25% ad ogni cambio di strumento, utilizzando contemporaneamente la MDT sulla camera pulpare e la macro-cannula inserita nel canale radicolare, coronalmente al punto d'impegno apicale, senza alcun movimento di "su-giù". Coronalmente al terzo apicale del canale, il ricambio dell'NaOCl, costantemente rinnovato nella camera pulpare dal puntale erogatore della MDT, è stato assicurato per aspirazione attraverso la punta della macro-cannula. Guadagnata la LL con il MAF, la micro-cannula ha sostituito la macro-cannula ed una sequenza di 3 cicli di micro-irrigazione è stata eseguita alla LL. La micro-cannula è stata costantemente mantenuta alla LL senza alcun movimento di "su-giù". L'NaOCl al 5,25% è stato utilizzato nel primo ciclo. L'EDTA al 17% è stato erogato nel secondo ciclo. L'ipoclorito di sodio al 5,25% è stato utilizzato nuovamente nel terzo ciclo. Ad ogni ciclo di micro-irrigazione (30 secondi) è seguita



Figura 4 Multi-Port Adapter.

un'attesa passiva di 60 secondi con camera pulpale e canale radicolare colmi d'irrigante fresco. Dopo il completamento della micro-irrigazione l'NaOCl è stato aspirato dal canale utilizzando la micro-cannula alla LL.

c) Gruppo NI (n = 20): Irrigazione con siringa

Per il gruppo NI l'irrigazione è iniziata durante l'uso della X-Gates. La camera pulpale e il canale sono stati irrigati utilizzando una siringa convenzionale ed un ago ad estremità cieca con porta d'uscita laterale Hawe Max-i-Probe (Dentsply Rinn) 30-gauge. Un flusso di 2 ml di NaOCl al 5,25% è stato erogato ad ogni cambio strumento per più di 30 secondi, lasciando il canale (colmo di soluzione irrigante) indisturbato per 60 secondi prima di utilizzare il file successivo. Durante l'irrigazione l'ago è stato inserito nel canale ad una profondità quanto più apicale possibile senza che vi fosse impegno della punta sulle pareti dentinali ed alla LL. Durante l'irrigazione l'ago è stato costantemente mosso su e giù (simulando il movimento della macro-cannula) dalla posizione immediatamente coronale al punto d'impegno apicale (sulle pareti dentinali del canale) ad un punto appena al di sotto dell'orifizio canalare, per assicurare un adeguato ricambio della soluzione irrigante nel terzo apicale [44]. In seguito al raggiungimento della LL con il MAF il canale è stato irrigato per più di 30 secondi con 10 ml di NaOCl al 5,25%. L'irrigante è stato poi lasciato indisturbato per 60 secondi. Dopo un'attesa passiva di 60 secondi, tre ulteriori cicli di irrigazione sono stati eseguiti (simulando i cicli di micro-irrigazione). Ogni ciclo è stato condotto con l'ago in costante movimento di "su-giù" con ampiezza di 2 mm (simulazione della micro-cannula): tale movimento eseguito ogni 6 secondi tra due posizioni alternate (LL e LL meno 2 mm) è durato 30 secondi, garantendo 18 secondi d'irrigazione attiva direttamente alla LL. Successivamente l'irrigante è stato lasciato indisturbato per 60 secondi (attesa passiva). L'NaOCl al 5,25% è stato erogato dalla MDT nel primo ciclo. L'EDTA al 17% è stato utilizzato nel secondo ciclo. L'NaOCl al 5,25% è stato utilizzato nel terzo ciclo. L'irrigante è stato quindi aspirato dal canale utilizzando un ago con estremità aperta 30-gauge (NaviTip Ultradent, South Jordan, UT) posizionato alla LL.

Gruppi controllo

a) Gruppo EV-C (n = 10): Sistema EndoVac-controllo negativo

In questo gruppo, è stato applicato lo stesso protocollo d'irrigazione eseguito nel gruppo EV, utilizzando soluzione fisiologica come irrigante canalare.

b) Gruppo NI-C (n = 10): Irrigazione con siringa-controllo negativo

In questo gruppo, è stato applicato lo stesso protocollo d'irrigazione eseguito nel gruppo NI, utilizzando soluzione fisiologica come irrigante canalare.

Sezionamento delle radici e valutazione al microscopio elettronico a scansione

Al completamento dei rispettivi protocolli d'irrigazione, i canali radicolari sono stati irrigati con 2,5 ml di soluzione fisiologica sterile per canale, per diluire la soluzione di NaOCl,

ed asciugati con multipli coni di carta. Su tutte le radici sono state realizzate ad intervalli di 5 mm dal forame apicale scanalature orizzontali poco profonde per marcare il terzo apicale, il terzo medio ed il terzo coronale. Successivamente, le radici sono state separate secondo l'asse longitudinale in una direzione vestibololinguale, con il risultato di 40 e 20 campioni per gruppo sperimentale e controllo rispettivamente. Per facilitare la divisione di ogni radice e l'esposizione dei canali strumentati, due solchi longitudinali, non penetranti nel canale, sono stati preparati lungo le superfici esterne vestibolare e linguale delle radici stesse, utilizzando una fresa al carburo di tungsteno sottile, appuntita, ad alta velocità, con raffreddamento assicurato da un abbondante getto d'acqua. Intercettando una delle scanalature con una lama da rasoio nuova e picchiettando delicatamente con la radice ben salda tra due dita, è stato possibile determinare la scissione di ogni radice in due metà longitudinali. Le due metà sono state fissate in glutaraldeide al 2%, disidratate in soluzioni a concentrazione crescente di etanolo, montate su supporti in alluminio, ricoperte con oro polverizzato ed esaminate al microscopio elettronico a scansione (SEM) (Autoscan Siemens, Erlangen, Germania) operante a 15 kV.

Valutazione al SEM

Sono state rilevate microfotografie a 200X e 1000X ingrandimenti nelle porzioni coronale, medio ed apicale delle pareti canalari per valutare rispettivamente l'efficacia nella rimozione dei detriti e del fango dentinale, secondo una scala sviluppata da Hülsmann et al. [45]. Questa scala con cinque livelli o gradi include una descrizione dettagliata ed un esempio visivo (fotografia al SEM) per ciascun grado (1-5). Sono stati definiti **detriti** i chip di dentina, i resti di tessuto pulpale necrotico e le particelle libere situate sulla parete del canale. Il sistema di valutazione impiegato per l'efficacia nella rimozione dei detriti consta di cinque livelli (*debris scores*):

1. parete del canale radicolare pulita, solo pochissime particelle di detriti;
2. pochi piccoli agglomerati di detriti;
3. molti agglomerati di detriti a coprire meno del 50% della parete canalare;
4. più del 50% della parete del canale coperta con conglomerati di detriti;
5. copertura completa o quasi completa delle pareti del canale con agglomerati.

Il **fango dentinale** è stato definito come una pellicola superficiale di detriti ritenuti sulle superfici dentinali (o altre superfici) al termine della sagomatura con strumenti rotanti o file endodontici manuali. Il sistema di valutazione utilizzato per l'efficacia nella rimozione del fango dentinale consta di cinque livelli (*smear scores*):

1. il fango dentinale è completamente assente; la maggior parte dei tubuli dentinali è pervia e libera da detriti (terzo coronale e medio) od oblitterata con calchi sclerotici (terzo apicale);
2. il fango dentinale copre meno del 25% della parete del canale; gli orifizi dei tubuli dentinali, una volta individuati, possono risultare ridotti in dimensioni perché occlusi parzialmente o totalmente dai detriti;
3. il fango dentinale copre la parete del canale radicolare risultando omogeneo ed evidente nel 25-50% della superficie canalare; solo alcuni tubuli dentinali sono aperti; gli orifizi dei tubuli dentinali, quando identificati, possono es-

- sere ridotti per dimensioni a causa di occlusione parziale o totale da detriti;
- il fango dentinale è omogeneo ed evidente nel 50-75% della superficie del canale e dei tubuli; assenza di tubuli dentali aperti;
 - il fango dentinale omogeneo e spesso copre il 75-100% della superficie del canale e dei tubuli.

La superficie dentinale delle pareti canalari di gran parte dei canali radicolari risulta negli ultimi 2 mm del terzo apicale altamente sclerotica, con tubuli spesso occlusi da calchi sclerotici, pertanto il punteggio assegnato non è stato definito solo sulla presenza o assenza di orifizi tubulari dentali pervii. In tale area, la valutazione è stata condotta considerando la presenza o l'assenza di fango dentinale sulla dentina sclerotica; la dentina sclerotica infatti, anche in completa assenza di tubuli dentali, preserva distintive caratteristiche anatomiche differenziandosi dal fango dentinale attraverso il rilievo di superfici piane con segni evidenti di strumentazione. Per ogni metà radice sono state registrate nei terzi coronale, medio ed apicale 10 immagini per analizzare l'efficacia della detersione e 10 immagini per analizzare la rimozione del fango dentinale (ad es., **gruppi sperimentali**: 20 immagini con ingrandimento 200X · tre posizioni · 60 radici = 3600 immagini / 20 immagini con ingrandimento 1000X · tre posizioni · 60 radici = 3600 immagini).

Le immagini sono state selezionate in cieco da un operatore indipendente, procedendo in modo casuale attraverso le sezioni definite. Successivamente, le immagini selezionate sono state fotografate, codificate e mischiate in modo del tutto casuale. Valutazioni indipendenti in cieco sono state realizzate da quattro osservatori ignari della sezione d'origine delle immagini analizzate ed esperti nell'interpretazione della morfologia al SEM.

Valutazioni indipendenti sono state effettuate ad ogni livello canalare. Quando l'accordo su un punteggio è stato raggiunto in modo indipendente tra i quattro esaminatori, tale punteggio è stato registrato. Quando sono state rilevate discrepanze nel corso della valutazione, è stato raggiunto un accordo forzato tra i quattro esaminatori, in modo che tutti gli esaminatori concordassero *debris scores* e *smear scores* per ogni immagine derivante da ogni singolo livello del canale. L'affidabilità intra-esaminatore ed inter-esaminatore e la riproducibilità delle valutazioni al SEM sono state verificate analizzando statisticamente i risultati con il test *kappa* (livello di significatività: 0,5). L'analisi statistica delle differenze tra i gruppi ad ogni livello rispetto ai *debris scores* e *smear scores* è stata eseguita con l'analisi non parametrica della varianza (test di Kruskal Wallis), seguita dal test di Dunn per confronti multipli a coppie di medie di ranghi. Il test di Friedman è stato utilizzato per analizzare in comparazione i risultati di livelli diversi nell'ambito dello stesso gruppo.

Risultati

La statistica *k* di Cohen è stata utilizzata per analizzare la concordanza intra-esaminatore ed inter-esaminatore tra gli osservatori: i risultati del test *kappa* hanno dimostrato affidabilità e riproducibilità da buone ad eccellenti tra i quattro esaminatori, con tutti i valori di $k \geq 0,9$ per i diversi gruppi; la differenza tra i punteggi assegnati non ha mai superato il valore di un grado. I *debris* e *smear scores* per i tre gruppi sperimentali e i due gruppi controllo ai livelli coronale, medio ed apicale sono espressi come distribuzione percentuale

nella *fig. 5* (*grafici 5a e 5b* rispettivamente). L'esame della superficie dentinale delle pareti canalari nei gruppi controllo EV-C e NI-C ha evidenziato la completa o quasi completa copertura della stessa con agglomerati di detriti e fango dentinale spesso ed omogeneo (*fig. 6*). L'analisi della superficie dentinale delle pareti dei canali radicolari del gruppo EVM ha evidenziato pareti canalari pulite, con pochissime particelle di detriti (o pochi piccoli agglomerati di detriti) e assenza di fango dentinale (*fig. 6*).

Tabella 1 Test di Dunn per confronti multipli a coppie di medie di ranghi tra *debris scores* per i diversi gruppi ad ogni livello (coronale, medio, apicale)

Sottogruppi*		p
(NI coronale) ^a	vs	(EV coronale) ^b (EVM coronale) ^a (EV-C coronale) ^c (NI-C coronale) ^c
(NI medio) ^d	vs	(EV medio) ^e (EVM medio) ^d (EV-C medio) ^f (NI-C medio) ^f
(NI apicale) ^g	vs	(EV apicale) ^g (EVM apicale) ^g (EV-C apicale) ^h (NI-C apicale) ^h

Livello di significatività: a = 0,05.

*I sottogruppi con lo stesso indice hanno differenze statisticamente non significative ($p > 0,05$).

NI: irrigazione con siringa; EV: EndoVac; EVM: EndoVac protocollo d'irrigazione modificato; EV-C: EndoVac-controllo negativo; NI-C: irrigazione con siringa-controllo negativo.

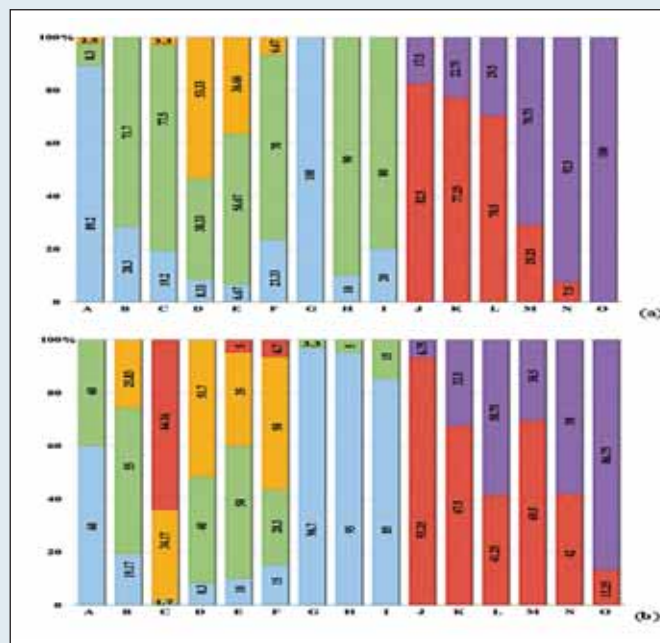


Figura 5 Distribuzione percentuale dei *debris scores* (a) e *smear scores* (b) ai livelli coronale (A, D, G, J, M), medio (B, E, H, K, N) e apicale (C, F, I, L, O) nei gruppi NI (irrigazione con siringa ed ago 30G-Max-I-Probe) (A-C), EV (sistema EndoVac) (D-F), EVM (EndoVac-tecnica modificata) (G-I), EV-C (EndoVac-controllo negativo) (J-L), NI-C (irrigazione con siringa-controllo negativo) (M-O).

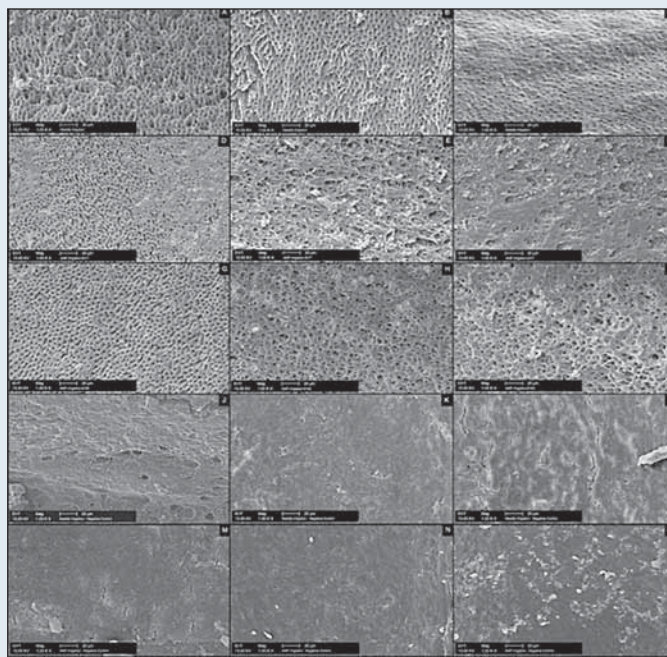


Figura 6 Immagini al microscopio elettronico a scansione (SEM) delle pareti canalari deterse e sagomate (scala = 20 μ m; Mag = 1.00 K X; EHT = 15.00 kV) rilevate nei terzi coronale (A, D, G, J, M), medio (B, E, H, K, N) ed apicale (C, F, I, L, O) per i gruppi NI (irrigazione con siringa) (A-C), EV (sistema EndoVac) (D-F), EVM (EndoVac-tecnica modificata) (G-I), EV-C (EndoVac-controllo negativo) (J-L), NI-C (irrigazione con siringa-controllo negativo) (M-O).

Tabella 2 Test di Dunn per confronti multipli a coppie di medie di ranghi tra *smear scores* per i diversi gruppi ad ogni livello (coronale, medio, apicale)

Sottogruppi*		<i>p</i>
(NI coronale) ^a	vs (EV coronale) ^b (EVM coronale) ^c (EV-C coronale) ^d (NI-C coronale) ^e	<i>p</i> <0,001
(NI medio) ^f	vs (EV medio) ^f (EVM medio) ^g (EV-C medio) ^h (NI-C medio) ^h	
(NI apicale) ⁱ	vs (EV apicale) ^j (EVM apicale) ^k (EV-C apicale) ^l (NI-C apicale) ^l	

Livello di significatività: *a* = 0,05.

*I sottogruppi con lo stesso indice hanno differenze statisticamente non significative (*p* >0,05).

NI: irrigazione con siringa; EV: EndoVac; EVM: EndoVac protocollo d'irrigazione modificato; EV-C: EndoVac-controllo negativo; NI-C: irrigazione con siringa-controllo negativo.

La valutazione comparativa dei *debris* e *smear scores* tra i gruppi ad ogni livello è stata descritta nelle *tabelle 1* e *2* rispettivamente. I *debris* e *smear scores* per tutti i gruppi sperimentali sono risultati significativamente differenti da quelli per i due gruppi controllo (*p* <0,001) al test statistico di Kruskal-Wallis. Il test di Dunn non ha mostrato differenze significative (*p* >0,05) tra tutti i gruppi sperimentali nel terzo

apicale rispetto ai *debris scores*; risultati significativamente migliori sono stati tuttavia ottenuti per il gruppo EVM nelle aree coronali (*p* <0,001) e medie (*p* <0,01) rispetto al gruppo EV. Se una differenza non significativa è stata rilevata tra i gruppi NI ed EVM (*p* >0,05) ai livelli coronale e medio, nel gruppo NI sono stati rimossi significativamente più detriti che nel gruppo EV ai livelli coronale (*p* <0,001) e medio (*p* <0,001). La tecnica EVM è risultata significativamente più efficace nella rimozione del fango dentinale a tutti i livelli rispetto al protocollo EV (*p* <0,001) e nei terzi coronale (*p* <0,05), medio (*p* <0,001) ed apicale (*p* <0,001) rispetto all'irrigazione con siringa. Il gruppo NI ha dimostrato un'efficacia significativamente maggiore (*p* <0,001) nella rimozione del fango dentinale nel terzo coronale rispetto al gruppo EV, ma la differenza è risultata non significativa nel terzo medio (*p* >0,05); nel terzo apicale il fango dentinale residuo per il gruppo NI (*smear scores* 3-5) è risultato significativamente maggiore (*p* <0,001) rispetto al gruppo EV. Le differenze analizzate statisticamente con il test di Friedman tra i diversi livelli nell'ambito dello stesso gruppo sono illustrate nella *tabella 3*.

Discussione

Nel presente studio è stata valutata l'efficacia di tre differenti protocolli d'irrigazione nella detersione e nella rimozione del fango dentinale dalle pareti dentinali dei canali radicolari, nei terzi coronale, medio e apicale; sono stati utilizzati microfotografie al SEM, separatamente per i detriti ed il fango dentinale, ed il sistema di punteggio precedentemente descritto [45]. La realizzazione di un modello *ex vivo* con sistema canalare chiuso ha permesso di simulare più accuratamente le condizioni *in vivo*, in cui il forame apicale e la superficie esterna del dente risultano sigillati dal legamento parodontale ed inseriti nell'osso alveolare [5,34].

Un nuovo protocollo d'irrigazione a pressione apicale negativa (EVM) con il sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA, USA) è stato valutato in comparazione con il protocollo suggerito dall'azienda produttrice e con l'irriga-

Tabella 3 Analisi statistica delle differenze tra livelli diversi (coronale, medio, apicale) nell'ambito dello stesso gruppo (test di Friedman)

Gruppi		C vs M	C vs A	M vs A
NI	debris scores	***	***	*
	smear scores	***	***	***
EV	debris scores	**	***	***
	smear scores	ns	ns	*
EVM	debris scores	***	***	ns
	smear scores	ns	*	ns
EV-C	debris scores	ns	ns	ns
	smear scores	***	***	***
NI-C	debris scores	***	***	ns
	smear scores	***	***	***

Livello di significatività: *a* = 0,05.

* *p* <0,05; ** *p* <0,01; *** *p* <0,001; ns: differenza non significativa (*p* >0,05).

C: terzo coronale; M: terzo medio; A: terzo apicale.

zione con siringa. Per il gruppo EVM la macro-irrigazione è iniziata durante la sagomatura con strumenti rotanti utilizzando (ad ogni cambio strumento) contemporaneamente la MDT sulla cavità d'accesso e la macro-cannula inserita nel canale radicolare in posizione immediatamente coronale al punto d'impegno apicale (utilizzata senza alcun movimento "su-giù"); raggiunta la LL con il MAF, la micro-cannula ha sostituito la macro-cannula ed è stata realizzata una sequenza di 3 cicli di micro-irrigazione direttamente alla LL (la micro-cannula è stata costantemente lasciata alla LL senza alcun movimento "su-giù").

Un'osservazione isolata dei terzi coronale e medio ha evidenziato che il sistema EndoVac (EV) può risultare significativamente meno efficace nella rimozione dei detriti dalle pareti canalari rispetto all'irrigazione con siringa: *debris scores* 1 e 2 sono stati assegnati rispettivamente solo all'8,33% ed al 38,33% delle immagini coronali ed al 6,67% ed al 56,67% delle microfotografie del terzo medio. La profondità d'inserzione delle punte delle cannule e la loro distanza dalla parete dentinale sembrerebbero giocare un ruolo importante nella rimozione dei detriti, avvalorando la significatività dell'azione meccanica di washing del flusso d'irrigante [29]. Boutsoukis et al. [46] hanno sottolineato come l'efficacia dell'irrigazione con siringa nella rimozione dei detriti possa risultare inficiata da un aumento oltre misura del diametro apicale e della conicità del canale radicolare al termine della sagomatura: la velocità media di flusso della soluzione irrigante e l'intensità dell'azione laminare sulle pareti potrebbero diminuire oltre un certo valore. Un risultato analogo è stato segnalato in un precedente studio condotto in canali radicolari con differenti diametri apicali e simulazione del flusso d'irrigante [47]. La distanza maggiore delle cannule e delle loro estremità dalle pareti dentinali dei canali radicolari nei terzi coronale e medio avere un effetto sulla componente meccanica della detersione in tali sezioni. La maggiore vicinanza alle pareti dentinali delle cannule e dell'ago, e delle loro estremità, potrebbe altresì spiegare i *debris scores* assegnati nel terzo apicale. La statistica di Friedman ha confermato prestazioni significativamente più efficaci ($p < 0,001$) del sistema EndoVac (EV) nel terzo apicale rispetto ai terzi coronale e medio in riferimento alla rimozione dei detriti. Quando la macro-irrigazione è iniziata precocemente, in corso di strumentazione (gruppo EVM), ha consentito una rimozione dei detriti significativamente più efficace nelle aree coronali (100% delle microfotografie con *debris score* 1) e medie (90% delle immagini al SEM con *debris score* 1) rispetto al gruppo EV; nessuna significativa differenza è stata rilevata tra i punteggi conseguiti nei terzi medio ed apicale al test di Friedman. Susin et al. [41] hanno suggerito che la difficoltà nel creare una corrente di flusso sufficientemente forte da consentire alle soluzioni irriganti di guadagnare ed attraversare gli istmi tra i canali delle radici mesiali di primi molari mandibolari potrebbe spiegare perché l'irrigazione a pressione apicale negativa non si sia dimostrata capace in tali aree, con sistemi canalari chiusi, di assicurare la rimozione completa dei detriti. Va comunque sottolineata la maggiore difficoltà nella rimozione dei detriti negli istmi, poiché tali strutture, morfologicamente complesse e dimensionalmente più piccole dei canali strumentati, rendono proibitivo garantire il rilascio di grandi volumi e portate elevate d'irrigante, anche con sistemi d'irrigazione a pressione negativa. È possibile ipotizzare che l'irrigazione a pressione negativa eseguita seguendo il protocollo EVM assicuri una maggiore efficacia nella detersione in aree non strumentate del SCR.

Non sono state rilevate nel terzo apicale differenze significative nella rimozione dei detriti tra i gruppi NI, EV ed EVM con *debris score* 1 (19,2%, 23,33% e 20% rispettivamente) e 2 (77,5%, 70% e 80% rispettivamente) registrati per gran parte delle immagini al SEM. È possibile ipotizzare che il diametro apicale e la conicità dei canali radicolari si siano tradotti in un sufficiente (non eccessivo) aumento dell'area di sezione trasversale tra ago (o cannule) e parete del canale radicolare, tale da assicurare un'adeguata velocità di flusso dell'irrigante alla LL e l'assenza di ostacoli al flusso inverso apico-coronale. Va sottolineato infatti che la disgregazione e/o il distacco dei detriti non sono sufficienti a garantirne la rimozione in assenza di un adeguato flusso d'irrigante che li conduca in sospensione verso l'orifizio del canale (flusso inverso) [47]. Anche se non esiste consenso sulla dimensione minima ideale della sagomatura apicale in termini di diametro e conicità (MAF), la strumentazione dei canali radicolari fino ad un diametro ISO #35 o #40 assicurerebbe nel terzo apicale volumi d'irrigante clinicamente adeguati per i sistemi d'irrigazione a pressione sia positiva sia negativa [48]. In riferimento alle indicazioni dell'azienda produttrice, un diametro ISO #35 rappresenterebbe il minimo diametro apicale necessario e sufficiente perché sia assicurato un efficace flusso d'irrigante circumferenziale all'estremità della micro-cannula (dimensione alla punta: 0,32 millimetri) del sistema EndoVac. Un aumento da ISO #35 a ISO #40 del diametro apicale al termine della sagomatura determinerebbe tuttavia un aumento percentuale di circa il 44% del volume medio d'irrigante [48]: ciò ridurrebbe la possibilità che l'aspirazione coronale della MDT, concomitante e più potente, competeva con la micro-cannula per l'evacuazione della soluzione irrigante e la possibilità che i fori di aspirazione situati lungo la superficie laterale degli ultimi 0,70 millimetri della micro-cannula risultino bloccati dal contatto con le pareti del canale. Durante la micro-irrigazione condotta in riferimento al protocollo EV la micro-cannula viene posizionata, ogni 6 secondi, 2mm coronalmente alla LL per consentire la rimozione delle micro-bolle di gas di ammoniaca ed anidride carbonica derivanti dall'idrolisi dei detriti organici residui. Tali micro-bolle isolerebbero il tessuto residuo dall'ulteriore contatto con l'NaOCl perché aderenti alle pareti dentinali, alla micro-cannula ed ai tessuti residui nel terzo apicale. Ricordando che la probabilità di un blocco gassoso apicale è funzione della tensione superficiale della soluzione irrigante, della conicità del canale, dell'angolo di contatto con la dentina di parete e dell'ampiezza dei diametri apicali, una maggior area di sezione libera intorno alla micro-cannula consentirebbe volume e intensità del flusso di irrigante maggiori alla punta [48] con mancata necessità di un movimento "su-giù" (ampiezza: 2 mm).

L'irrigazione con siringa ha conseguito un numero significativamente maggiore di pareti canalari libere da fango dentinale a livello coronale rispetto al sistema EndoVac (EV) (il 60% ed il 40% vs l'8,3% ed il 40% delle microfotografie con *smear scores* 1 e 2 rispettivamente) con una tendenza verso una più efficace rimozione del fango dentinale anche nel terzo medio (il 19,17% ed il 55% vs il 10% ed il 50% delle immagini con *scores* 1 e 2 rispettivamente). È verosimile che nel gruppo NI i terzi coronale e medio siano stati irrigati ed evacuati più frequentemente durante la sagomatura, risultando in una più efficace detersione e rimozione del fango dentinale coronalmente. Nel gruppo EV infatti la macro-irrigazione con l'utilizzo della macro-cannula inserita nel canale è iniziata solo dopo aver raggiunto la LL con il

MAF: il rinnovo dell'irrigante in camera pulpale assicurato dalla MDT, dopo ogni strumento rotante in NiTi, sarebbe sufficiente a garantire l'iniezione di NaOCl fresco nel canale, perché dinamicamente scambiato in corso di strumentazione (quando lo strumento viene rimosso coronalmente, in accordo al principio di Archimede dello spostamento dei fluidi, l'NaOCl dalla camera pulpale rimpiazza lo spazio precedentemente occupato dallo strumento) [49]. Questo scambio continuo dovrebbe essere sufficiente a negare la necessità di iniettare soluzione fresca di NaOCl direttamente nel canale. È possibile ipotizzare che al termine della sagomatura con strumenti rotanti, i canali radicolari possano essere detersi, ma non abbastanza da assicurare un'efficace rimozione di detriti e di fango dentinale al termine del trattamento endodontico: il micro-uragano di NaOCl generato dalla macrocannula potrebbe creare un effetto di washing a pressione lungo le pareti dentinali non sufficiente.

Abarqithan et al. [40] hanno riportato pari efficacia nella rimozione del fango dentinale nei terzi coronale e medio dei canali radicolari per l'irrigazione a pressione apicale negativa e per l'irrigazione con siringa, di contro alla significativa superiorità del sistema EndoVac nel terzo apicale. L'impiego di un modello di studio con sistemi canalari aperti e diametri apicali ISO #60 al termine della strumentazione rende i risultati di tale studio quanto meno discutibili. La differenza nella rimozione dello *smear layer* tra i protocolli EVM ed EV è risultata statisticamente significativa a tutti i livelli ($p < 0,001$) ed entrambe le tecniche hanno conseguito nel terzo apicale risultati significativamente migliori ($p < 0,001$) rispetto all'irrigazione con siringa. La difficoltà dell'irrigazione con siringa nel superare l'effetto del vapor-lock in un sistema canale chiuso (maggiore accuratezza nella simulazione dell'applicazione *in vivo* degli irriganti) potrebbe tradursi nel terzo apicale in tempi di contatto non sufficienti tra irriganti e pareti canalari ed in un ostacolato ricambio degli irriganti [32]. Parente et al. [50] hanno riportato che l'irrigazione a pressione negativa può superare le sfide insite nella dinamica dei fluidi in sistemi canalari chiusi, producendo in canali sagomati fino ad un MAF #40/.06 superfici dentinali efficacemente deterse. L'efficacia del sistema EndoVac nel produrre superfici dentinali pulite può essere attribuita al suo approccio a pressione apicale negativa. Il posizionamento della macrocannula ai terzi medio ed apicale del canale seguito dall'inserzione della microcannula direttamente alla LL consente l'aspirazione dell'irrigante in volume e flusso sufficienti per la rimozione dei detriti e del fango dentinale. Inoltre, gli orifizi della microcannula accanto al flusso inverso apico-coronale assicurano porte d'uscita supplementari per i detriti in sistemi canalari chiusi.

Nel nostro studio, la sagomatura dei canali radicolari fino ad una dimensione finale #40/.04 è stata considerata [48] espressione di un buon equilibrio tra conservazione delle strutture dentarie ed adeguato volume d'irrigante nel terzo apicale con un sistema di irrigazione a pressione negativa: un aumento della conicità in fase di sagomatura dalla dimensione #40/.04 alla dimensione #40/.06 assicurerebbe un guadagno percentuale d'irrigante nel terzo apicale di solo il 5,4% in volume [48]. L'irrigazione a pressione negativa secondo la tecnica EVM risulta significativamente più efficace nella rimozione del fango dentinale rispetto al sistema EndoVac (EV) anche nel terzo apicale ($p < 0,001$): tale risultato può essere attribuito ai 30 secondi di irrigazione attiva per "micro-ciclo", con la microcannula costantemente posizionata alla LL.

Il test di Friedman ha confermato l'elevata efficacia del protocollo EVM nella rimozione del fango dentinale, pressoché uniforme nei diversi livelli dei canali radicolari, con nessuna significatività nella differenza tra terzi medio ed apicale ($p > 0,05$) e tra terzi coronale e medio ($p > 0,05$).

I risultati ottenuti da questo studio respingono l'ipotesi nulla. L'irrigazione a pressione negativa con NaOCl ed EDTA non si è dimostrata significativamente superiore all'irrigazione con siringa nell'efficacia antimicrobica contro l'*Enterococcus faecalis* [51,52], confermando come la disinfezione profonda sia funzione della capacità di penetrazione intratubulare delle soluzioni irriganti. La detersione e la disinfezione di superficie risultano altresì potenziate da un aumento dei volumi di irrigante fresco e dell'intimità e del tempo di contatto delle soluzioni irriganti nelle aree non strumentate del SCR: sarebbe interessante ottimizzare i tempi di contatto i volumi degli irriganti endodontici con un giusto equilibrio tra qualità della detersione e compromissione delle proprietà strutturali e meccaniche della dentina radicolare.

Conclusioni

Nelle condizioni del presente studio, l'irrigazione a pressione apicale negativa ha mostrato prestazioni significativamente superiori nella rimozione del fango dentinale rispetto all'irrigazione con siringa nel terzo apicale dei canali radicolari. Un nuovo protocollo di irrigazione a pressione negativa con il sistema EndoVac ha consentito una più efficace rimozione del fango dentinale a tutti i livelli rispetto al sistema EndoVac utilizzato secondo le istruzioni del produttore ed all'irrigazione con siringa in sistemi canalari chiusi. Ulteriori ricerche sono necessarie per confermare i nostri risultati in canali curvi e la loro significatività in termini di successo clinico.

RILEVANZA CLINICA

Sebbene gli strumenti rimuovano la maggior parte del contenuto canale nell'area endodontica corrispondente al canale principale, l'irrigazione risulta indispensabile nelle aree non accessibili alla strumentazione e non solo. Una delle caratteristiche degli irriganti più favorevoli per la detersione è la loro *flushing action*. Un nuovo protocollo d'irrigazione a pressione negativa con il sistema EndoVac potrebbe assicurare nel sistema dei canali radicolari un *pressure-washing effect* lungo le pareti dentinali sufficiente ad ogni livello per un'efficace *flushing action* degli irriganti. La corrente di flusso potrebbe inoltre risultare sufficientemente intensa da consentire agli irriganti di attraversare gli istmi tra i canali e guadagnare le aree apicali non strumentate con grandi volumi, portata elevata ed efficace evacuazione dei macrodetriti.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

- [1] Siqueira JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291–301.
- [2] Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589–99.
- [3] Siqueira JF Jr, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod* 1997;23:499–502.
- [4] Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559–67.
- [5] Bureson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod* 2007;33:782–7.
- [6] Vaudt J, Bitter K, Neumann K, Kielbassa AM. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel-titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *Int Endod J* 2009;42:22–33.
- [7] Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 2009;35:1044–7.
- [8] Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99:231–52.
- [9] Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 2007;33:917–25.
- [10] Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod* 1994;20:78–82.
- [11] Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2007;33:96–105.
- [12] Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005;10:77–102.
- [13] Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004;37:672–8.
- [14] Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 2001;34:137–41.
- [15] Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389–98.
- [16] Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J* 2001;34:300–7.
- [17] Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:142–9.
- [18] Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod* 2004;30:785–7.
- [19] Grossman II, Meiman BV. Solution of pulp tissue by chemical agents. *J Am Dent Assoc* 1941;28:223–5.
- [20] Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1981;52:197–204.
- [21] Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 1987;13:147–57.
- [22] Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 2004;37:607–12.
- [23] van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J* 2005;38:764–8.
- [24] Moser JB, Heuer MA. Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1982;53:425–8.
- [25] Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW, Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J* 2007;40:11–7.
- [26] Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983;9:475–9.
- [27] Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigation agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.
- [28] Cunningham WT, Martin H, Forrest WVR. Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1982;53:401–4.
- [29] Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1982;54:323–8.
- [30] Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod* 2005;31:742–5.
- [31] Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J* 2008; 41:60–71.
- [32] Tay FR, Gu LS, Schoeffel JG et al. The effect of vapor lock on root canal debridement using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010;36:745–50.
- [33] Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod* 2002;28:837–9.
- [34] Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation. *J Endod* 2005;31:166–71.
- [35] Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J* 2006;32:123–8.
- [36] Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using realtime imaging in vitro. *Int Endod J* 2005;38:97–104.
- [37] Nielsen BA, Baumgartner CJ. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod* 2007;33:611–5.
- [38] Siu C, Baumgartner JC. Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. *J Endod* 2010;36:1782–5.
- [39] Boutsoukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LWM. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 2010;36:1664–8.
- [40] Abarajithan M, Dham S, BDS, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H. Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:407–11.
- [41] Susin L, Liu Y, Yoon JC, et al. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int End J* 2010;43:1077–90.
- [42] McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen “bio-molecular film” from an ex vivo model. *Int End J* 2008;41:602–8.
- [43] Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32:271–5.
- [44] Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod* 1982;8(11):487–92.
- [45] Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 1997;23:301–6.
- [46] Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LW. The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *Int Endod J* 2010; 43:909–16.
- [47] Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LW. The effect of preparation size on the irrigant flow in the root canal: evaluation by an unsteady computational fluid dynamics model. *Int Endod J* 2010;43(10):874–81.
- [48] Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 2010;36:721–24.
- [49] Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, Part 3: System components and their interaction. *Dent Today* 2008;27(8):106:108–11.
- [50] Parente JM, Loushine RJ, Susin L, et al. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J* 2010;43:1001–12.
- [51] Brito PRR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: An in vitro study. *J Endod* 2009;35:1422–7.
- [52] Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. *J Endod* 2010;36:509–11.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



REVISIONE DELLA LETTERATURA

Apecificazione, apicogenesi e procedure endodontiche rigenerative: revisione della letteratura

Apexification, apexogenesis and regenerative endodontic procedures: a review

Giulia Ferrara*, Stefano Corbella, Marco Sozzi, Massimo Del Fabbro, Silvio Taschieri

Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche e Odontoiatriche, Università degli Studi di Milano, IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi – Clinica Odontoiatrica (Direttore: Prof. Roberto Weinstein), Milano

Ricevuto il 3 luglio 2010; accettato il 3 settembre 2012

Disponibile online il 5 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Apicogenesi;
Apecificazione;
Rigenerazione pulpare;
Idrossido di calcio;
MTA.

KEYWORDS

Apexogenesis;
Apexification;
Pulp regeneration;
Calcium hydroxide;
MTA.

Riassunto

Obiettivo: Presentare le alternative terapeutiche per la gestione degli apici immaturi e l'evoluzione delle tecniche e dei materiali utilizzati.

Materiali e metodi: È stata effettuata una ricerca della letteratura in Medline™ limitata agli studi su esseri umani pubblicati negli ultimi 10 anni, con sequenza appropriata di parole chiave.

Risultati: Nelle tecniche di apicogenesi e apecificazione utilizzando idrossido di calcio o MTA si riscontra una buona percentuale di successo clinico. Le recenti procedure rigenerative pongono dei dubbi sul futuro dell'apecificazione anche in elementi non vitali.

Conclusioni: L'idrossido di calcio risulta il gold standard tra i materiali utilizzati in elementi immaturi. Nuove tecnologie stanno promuovendo un interesse crescente per strategie atte a mantenere o addirittura ripristinare la vitalità pulpare.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objective: To present the therapeutic approach to the management of the immature apex and the evolution of materials and techniques.

Materials and methods: A Medline™ search was performed limited to human studies published in the last 10 years. The keywords searched were apexogenesis, apexification, pulp regeneration, revascularization.

* Corrispondenza: via Caracciolo, 74 – 20155 Milano.

E-mail: giulia.ferrara@inwind.it (G. Ferrara).

Results: Apexogenesis and apexification techniques using Calcium hydroxide or MTA give a good success rate. Recent regeneration procedures may put into discussion the opportunity of apexification in non vital elements.

Conclusions: Calcium hydroxide is the gold standard material used for immature teeth. New technologies are promoting incoming interest for strategies of vitality preservation and pulp regeneration.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

La gestione endodontica di elementi dentari ad apice immaturo rappresenta una problematica per le diverse difficoltà che si possono verificare durante il trattamento.

Secondo alcuni studi il 25% dei bambini in età scolare subisce un trauma dentale, mentre tra il 25% e il 65% presenta carie destruenti [1], con una conseguente alta percentuale di elementi dentari immaturi che dovranno subire un trattamento del sistema canalare.

Una prima distinzione va fatta nell'approccio terapeutico tra elementi dentari vitali ed elementi necrotici con apice immaturo. Nella prima circostanza, deve essere eseguito ogni sforzo per mantenere la vitalità degli elementi, al fine di permettere il completo sviluppo radicolare fino alla fisiologica chiusura apicale. Le tecniche di scelta sono le tecniche di apicogenesi, che comprendono l'incappucciamento pulpare, la pulpotomia parziale e la pulpotomia cervicale. Infatti, l'apicogenesi è una procedura atta a favorire il continuo e fisiologico sviluppo e la formazione dell'apice radicolare [2].

Diversamente, nella terapia di elementi immaturi necrotici la chiusura apicale viene tradizionalmente realizzata tramite le tecniche di apacificazione. Questo metodo permette di creare una barriera apicale in radici immature [3,4], per poter portare a termine la terapia canalare. Per sigillare lo spazio canalare in presenza di un apice aperto è infatti indispensabile creare una barriera apicale al sistema canalare sulla quale condensare la guttaperca senza incorrere in estrusioni.

Il materiale storicamente più utilizzato nelle tecniche di apicogenesi e di apacificazione è l'idrossido di calcio. In virtù dei numerosi studi eseguiti, è stata dimostrata l'efficacia di questo materiale e se ne conoscono vantaggi e svantaggi. Un altro materiale, il *mineral trioxide aggregate* (MTA), sta gradualmente sostituendo l'idrossido di calcio sia nelle procedure di apicogenesi, dove sembra essere più biocompatibile e più stabile nel tempo, sia nelle apacificazioni, dove permette di concludere il trattamento in una singola seduta invece che in multipli appuntamenti.

Obiettivo di questo studio è presentare le diverse alternative terapeutiche per la gestione degli apici immaturi e l'evoluzione delle tecniche e dei materiali utilizzati.

Materiali e metodi

È stata effettuata una ricerca della letteratura in Medline™ tramite l'interfaccia di PubMed, limitata agli studi in lingua inglese o francese, su esseri umani, pubblicati negli ultimi 10 anni. Sono state utilizzate come parole chiave

apicogenesi, apacificazione, rigenerazione pulpare, rivascolarizzazione, apicogenesi AND idrossido di calcio, apicogenesi AND MTA, apacificazione AND idrossido di calcio, apacificazione AND MTA. Data la scarsa quantità di revisioni e di trial che rispondano ai criteri di ricerca selezionati e alla recente introduzione di alcune tecniche e materiali, anche gli studi osservazionali e i case report sono stati inclusi nell'analisi.

Risultati

Apicogenesi

Sono stati inclusi dodici studi che analizzano le tecniche di apicogenesi.

Le tecniche utilizzate sono risultate essere l'incappucciamento, la pulpotomia parziale e la pulpotomia cervicale su elementi permanenti immaturi e vitali.

Tra gli studi in cui è stata realizzata la tecnica di incappucciamento pulpare, un *case report* del 2003 eseguito da Weisleder et al. documenta la completa formazione radicolare di un premolare inferiore su una bambina di 9 anni, in seguito a esposizione pulpare per carie e incappucciamento con idrossido di calcio e il mantenimento della vitalità fino a 2 anni. In due studi prospettici è stato utilizzato l'MTA come materiale da incappucciamento. Farsi et al., in un lavoro del 2006 su 30 denti immaturi con esposizioni pulpari per carie, documentano il 93% di successo clinico e radiografico [5]. Nel lavoro di Bogen et al. del 2008, è stato realizzato l'incappucciamento su 53 denti trattati per carie, di cui 15 con apice immaturo. Il 100% di questi elementi ha completato la formazione radicolare e rientra nei parametri di successo clinico e radiologico nei controlli a 6 settimane, 6 mesi e ogni anno [6].

El Meligy et al., in un clinical trial del 2006 hanno comparato idrossido di calcio ed MTA su 30 denti immaturi (centrali, premolari, molari) appartenenti a 15 pazienti trattati per carie o in seguito a trauma. Ai controlli a 3, 6 e 12 mesi due denti posteriori trattati con idrossido di calcio hanno presentato un fallimento clinico e radiografico, mentre tutti gli altri elementi hanno completato la formazione radicolare. Tra questi, hanno riportato delle calcificazioni 2 elementi trattati con idrossido di calcio e 4 di quelli in cui è stato utilizzato l'MTA [7].

Blanco et al., in un recente studio prospettico su 36 pazienti sottoposti a pulpotomia parziale con idrossido di calcio per frattura coronale complicata su 40 incisivi, 21 dei quali immaturi, riportano il completo sviluppo radicolare e la formazione di un ponte dentinale nei controlli eseguiti a 7, 15, 30, 60, 90 giorni e successivamente a un anno.

Trentaquattro elementi sono stati monitorati per altri 4 anni e 6 elementi per 12 anni [8]. Barrieshi et al. nel 2006 hanno valutato il successo clinico e radiografico dell'uso dell'MTA nella pulpotomia parziale di 31 molari trattati per carie. Tra questi, i 7 elementi che presentavano apice immaturo hanno portato a termine lo sviluppo radicolare completo [9]. In uno studio clinico prospettico che compara il successo della pulpotomia parziale utilizzando idrossido di calcio o MTA, non è stata riscontrata differenza statisticamente significativa tra i gruppi (rispettivamente 91% e 93%). Cinquantuno denti in 34 pazienti di età compresa tra 6,8 e 13,3 anni si sono presentati ai follow-up fino a una media di 34,8 mesi [10].

Un *case series* del 2006 descrive l'uso dell'MTA per la pulpotomia di 19 molari immaturi trattati per carie e con diagnosi di pulpite e riporta un tasso di successo del 92%. L'età dei pazienti è compresa tra 7 e 15 anni, con una media di 10 anni e il follow-up arriva in media a 19,7 mesi [11]. Un altro *case report* documenta il follow-up a 11 anni della pulpotomia cervicale con idrossido di calcio eseguita su 4 incisivi mandibolari effettuata su una paziente di 8 anni in seguito a trauma. Tutti gli elementi hanno completato la formazione radicolare e tra questi solo uno è andato incontro a calcificazione [12]. Un altro autore descrive l'uso di un materiale simile a MTA in due *case report* [13,14]. Il CEM (*calcium enriched mixture*) è stato utilizzato nella pulpotomia cervicale di un incisivo centrale superiore immaturo di una paziente di 8 anni in seguito a trauma e in un molare inferiore immaturo di una paziente di 12 anni con esposizione per carie. In entrambi i casi è stata constatata la completa formazione radicolare e un ponte dentinale nei controlli a 12 mesi.

Apecificazione

Dalla ricerca effettuata per quanto riguarda le tecniche e i materiali per l'apecificazione sono stati valutati due studi clinici. Due dei lavori analizzati sono studi randomizzati controllati che hanno effettuato una valutazione comparativa tra idrossido di calcio e MTA in elementi privi di vitalità [15,16]. El-Meligny e Avery nel 2006 hanno trattato 30 elementi in 15 pazienti [15]. La metà degli elementi dentari sono stati trattati con idrossido di calcio in appuntamenti multipli, l'altra metà con l'utilizzo di MTA in un'unica seduta. Per due elementi trattati con idrossido di calcio è stato constatato il fallimento della terapia (identificato da dolore alla percussione dopo 6 e dopo 12 mesi). Questo studio pertanto si conclude affermando la superiore capacità dell'MTA rispetto all'idrossido di calcio nell'ottenimento della barriera apicale. Pradhan et al. nel 2006 hanno trattato con i medesimi materiali 20 elementi dentari privi di vitalità con apice immaturo, 10 per gruppo di trattamento [16]. Nessuna differenza è stata rilevata in termini di successo valutato clinicamente tra i due materiali, ma in 3 casi trattati con MTA non è stata osservata una chiusura apicale completa, riconducibile a un fallimento radiologico.

Altri 15 studi sono stati considerati per quanto riguarda l'uso d'idrossido di calcio. Tre studi hanno evidenziato in passato l'efficacia dell'utilizzo combinato d'idrossido di calcio e di paraclorofenolo camforato (CMCP) sebbene sia descritto l'effetto tossico di quest'ultimo [17–19]. Altri lavori hanno associato l'uso d'idrossido di calcio con

cresatina [20,21], soluzione salina [22,23], acqua distillata [24] o metilcellulosa [25,26] con risultati clinici positivi e comparabili.

Sebbene sia stato dimostrato che l'idrossido di calcio è in grado di creare una barriera apicale variabile dal 75% al 100%, in elementi non vitali trattati con idrossido di calcio [27] esiste variabilità per quanto riguarda i tempi di applicazione e di sostituzione del materiale in corso di trattamento. Alcuni autori hanno suggerito di posizionare il materiale solo una volta [28], altri di sostituirlo comunque ogni 3 mesi [29] e altri ancora di sostituirlo solo in caso di evidenza di sintomatologia clinica [30,31].

Una revisione ha presentato tempi variabili tra 5 e 20 mesi per l'osservazione di una completa chiusura apicale [27]. In assenza di lavori a lungo termine non è possibile effettuare una valutazione del successo clinico a follow-up maggiori.

Un numero ridotto di studi è in grado di evidenziare l'efficacia dell'uso di MTA come materiale per l'apecificazione. Due studi condotti dallo stesso gruppo di lavoro [32,33], di cui uno su modello animale (32), hanno dimostrato la capacità di MTA di produrre una completa chiusura apicale in elementi non vitali. Uno studio retrospettivo su 144 elementi in 116 pazienti trattati con MTA ha valutato la chiusura apicale a distanza di almeno un anno dal trattamento [34]. Il trattamento è stato effettuato nell'arco di uno o due appuntamenti con risultati diversi nei due casi. Nei pazienti trattati in un appuntamento il 93,5% degli elementi dopo un anno era guarito e il 6,5% era in corso di guarigione mentre nei pazienti trattati in due appuntamenti (con medicazione intermedia con idrossido di calcio) il 90,5% degli elementi era guarito e il 4,8% era in corso di guarigione.

Discussione

Apicogenesi

La terapia della polpa vitale è il trattamento di prima scelta per la preservazione degli elementi permanenti immaturi con esposizioni pulpari dovute a traumi o a carie [35]. Questo approccio, comunemente denominato apicogenesi, permette il fisiologico sviluppo radicolare fino al completamento della formazione apicale e alla sua conseguente chiusura [36].

Le tecniche di apicogenesi includono l'incappucciamento pulpare indiretto e diretto, la pulpotomia parziale e la pulpotomia cervicale e prevedono l'applicazione di diversi materiali, tra cui i più utilizzati storicamente sono l'idrossido di calcio e l'MTA [9,32,37,38].

Nella prognosi a lungo termine, questo trattamento sembra presentare maggiori vantaggi rispetto all'apecificazione. Il lavoro di Trope e al. del 2002, ad esempio, riporta come prognosi della pulpotomia parziale il 94-96% di successo, mentre quella dell'apecificazione si aggira sul 79-96% [39]. Il fattore chiave nel determinare la prognosi in seguito a qualsiasi forma di esposizione pulpare è minimizzare l'invasione batterica della polpa [40]. Di conseguenza, è di fondamentale importanza posizionare un sigillo ermetico sulla polpa esposta e rimuovere il prima possibile la porzione di tessuto pulpare contaminato.

L'*incappucciamento* pulpare è riservato a piccole esposizioni pulpari che pervengano durante la rimozione del

tessuto cariato o in seguito a traumi avvenuti non oltre le 24 ore precedenti l'intervento. La tecnica prevede la decontaminazione dell'elemento fino al raggiungimento dell'emostasi, l'applicazione di un materiale bioattivo sull'esposizione e la ricostruzione dell'elemento nella seduta con un materiale che garantisca un sigillo ermetico.

Idealmente il materiale idoneo dovrebbe poter aderire alla struttura dentaria, essere insolubile nei fluidi tissutali, dimensionalmente stabile, non riassorbibile, radiopaco e avere la capacità di ridurre la carica batterica e di stimolare il tessuto pulpare a ritornare allo stato di salute, promuovendo l'apposizione di dentina e garantendo un sigillo stabile a lungo termine [41–44]. Storicamente l'idrossido di calcio è stato il materiale maggiormente utilizzato [45,46] e attualmente è quello di cui si ha maggior conoscenza e sul quale sono stati effettuati più studi che ne dimostrano l'efficacia [47,48]. Zander, Herman e Codman sono stati tra i primi a introdurlo e a ipotizzare che la forte alcalinità di tale materiale producesse una necrosi superficiale della polpa e inducesse la successiva apposizione di dentina, oltre a esercitare un'azione antibatterica [49,50]. Uno studio retrospettivo sul successo dell'incappucciamento con idrossido di calcio per esposizioni pulpari dovute a carie riporta un tasso di fallimento a 5 e 10 anni rispettivamente del 44,5% e del 79,7% [51].

Più recentemente è stato introdotto l'MTA. Questo cemento biocompatibile sembrerebbe garantire un sigillo non riassorbibile di altissima qualità al di sopra del tessuto pulpare [52,53], preservando la vitalità degli elementi e permettendo la completa maturazione radicolare. È in discussione se l'MTA possa sostituire l'idrossido di calcio nell'incappucciamento pulpare garantendo una prognosi più favorevole. L'idrossido di calcio si dissolve clinicamente in 1-2 anni [54]. Circa il 50% delle polpe trattate rischia di infettarsi o necrotizzarsi a causa dell'infiltrazione batterica [54], specialmente in presenza di un restauro coronario non adeguato. L'idrossido di calcio ha un legame debole con la dentina e non crea un legame adesivo con le resine composite [55]. L'incidenza dell'infiltrazione batterica documentata nei casi di procedure pulpari è infatti del 47% [56]. L'MTA può invece garantire un sigillo non riassorbibile e stabile nel tempo [52,53]. Un altro svantaggio dell'idrossido di calcio è la persistenza di un'induzione infiammatoria che può portare a riassorbimento interno della radice. Si può ipotizzare che questo effetto sia meno evocato da MTA, vista l'alta biocompatibilità, ma non è stato dimostrato da studi clinici. Entrambi i materiali possono indurre l'eventuale calcificazione dello spazio canalare, rendendo più complicata l'esecuzione della terapia canalare, se necessaria.

La *pulpotomia parziale* consiste nell'amputazione di 2-3 mm di tessuto pulpare coronale infiammato [57] e nel posizionamento di un materiale biocompatibile a contatto con il tessuto pulpare rimanente e di un restauro coronale ermetico. Viene utilizzata per piccole esposizioni dovute a carie o successivamente a traumi, quando il lasso di tempo intercorso tra l'evento traumatico e l'intervento supera le 24 ore ma è inferiore a 3 giorni [58,59].

Cvek e al. [60] riportano un indice di successo del 96% nelle pulpotomie parziali in fratture coronarie complicate (con esposizione pulpare). Anche altri studi riportano un alto tasso di successo di questa terapia in caso di lesioni traumatiche [61,62].

L'uso dell'idrossido di calcio in esposizioni pulpari per carie è ampiamente documentato [63,64]. L'utilizzo di MTA con le stesse finalità è documentato soprattutto in case report [65,66] con risultati promettenti sullo sviluppo radicolare. Studi in vitro hanno mostrato che l'MTA non induce l'apoptosi delle cellule del tessuto pulpare, bensì ne stimola la proliferazione [67]. Da questo dato si potrebbe ipotizzare un minore rischio di riassorbimenti radicolari dovuti a stimoli infiammatori cronici rispetto all'uso dell'idrossido di calcio, ma non sono stati pubblicati dati clinici a riguardo.

Secondo Blanco e al., la pulpotomia parziale presenta alcuni vantaggi: l'amputazione del cornetto pulpare è minima e preserva il tessuto pulpare coronale, ricco di cellule necessarie alla fisiologica apposizione di dentina in zona coronale [68,69]. Al contrario, la pulpotomia cervicale rimuove l'intera polpa coronale, interrompendo così l'apposizione di dentina cervicale e aumentando il rischio di frattura in quest'area [70].

La *pulpotomia cervicale* è la rimozione del tessuto pulpare coronale, lasciando intatta la porzione radicolare per permettere il fisiologico sviluppo radicolare. Tale tecnica è prediletta per esposizioni pulpari voluminose o intercorse diversi giorni prima rispetto all'intervento. I materiali adottati con più successo sono l'idrossido di calcio e l'MTA.

Un materiale recente e innovativo è la Biodentine: cemento a base di trisilicato di calcio, simile all'MTA nella composizione e nelle proprietà. Questo materiale trova come applicazioni tutte le indicazioni alla terapia della polpa vitale e all'apacificazione. Dagli studi in vitro e su animali realizzati, la Biodentine risulta essere biocompatibile e bioattiva, stimolando l'apposizione di dentina e permettendo un sigillo intrinseco al substrato dentale [71,72]. Infatti, penetrando all'interno dei tubuli dentinali il materiale crea un'adesione intrinseca con la dentina. Alcuni vantaggi della Biodentine rispetto all'MTA possono essere il ridotto tempo di presa del materiale, che è rispettivamente di circa 12 minuti e di 3 ore. Questo permette di concludere la terapia in una seduta, fornendo così un controllo più efficace dell'infiltrazione batterica tra una seduta e l'altra, fattore chiave nel successo delle terapie di apicogenesi. Un'altra proprietà interessante della Biodentine è l'elevata resistenza alla compressione, simile a quella della dentina, che permette di utilizzarla anche come materiale da ricostruzione, lasciandola come fondino sotto al composito [73]. Sarebbe interessante verificare se tale proprietà permetta anche una maggior resistenza alla frattura, che negli elementi immaturi è tra i fattori prognostici di rilevanza maggiore. Un altro limite di MTA sia grigio sia bianco quando viene usato nel settore frontale riguarda l'estetica. Gli ossidi metallici presenti al suo interno possono provocare delle discolorazioni della corona dentaria. Tale inconveniente non sembra essere promosso da Biodentine, che non contiene ossidi metallici al suo interno. Altri studi dovrebbero essere pubblicati per meglio documentare i risultati promettenti di questo materiale nelle procedure di apicogenesi.

Apeacificazione

In accordo con i dati di precedenti revisioni sistematiche e narrative della letteratura [74,75], il presente lavoro conferma che l'idrossido di calcio attualmente rappresenta il

materiale con più provata efficacia nel trattamento di elementi non vitali con apice incompleto. Nonostante la ridotta evidenza in letteratura, gli studi presenti suggeriscono che una valida alternativa possa essere l'utilizzo di MTA, principalmente in funzione delle caratteristiche di maggiore ergonomia, specialmente in termini di tempi di trattamento, del materiale rispetto all'idrossido di calcio. Infatti è stato dimostrato come i tempi di trattamento con MTA possano essere significativamente minori [33,76] rispetto a quelli riportati per l'idrossido di calcio [27].

Gli studi comparativi esaminati [15,16] e la revisione sistematica degli stessi [75] conferma comunque l'impossibilità di valutare uno dei due materiali come superiore all'altro in termini di risultati clinici, affermando che nuovi studi sono necessari al fine di confermare l'ipotesi di uguale efficacia degli stessi.

Un'interessante revisione della letteratura del 2009 [77] ha posto dubbi sul futuro della tecnica e delle indicazioni all'apecificazione secondo il concetto classico descritto a vantaggio dell'applicazione di procedure che non consentano solo la chiusura dell'apice ma che inducano processi rigenerativi anche in situazioni di assente vitalità pulpare. Quest'ultima osservazione biologica [78–80] deve causare un dubbio nel clinico riguardo al paradigma di impossibilità di mettere in atto procedure rigenerative in presenza di polpa non vitale.

Procedure endodontiche rigenerative

Le procedure endodontiche rigenerative possono essere definite come un insieme di procedure biologiche designate a sostituire le strutture danneggiate, includendo dentina, struttura radicolare e cellule del complesso pulpo-dentale [81].

Secondo alcuni autori, sotto la terminologia di procedure endodontiche rigenerative si possono raggruppare tutte le tecniche d'incappucciamento, apicogenesi, apecificazione, rivascolarizzazione [81,82]. Altri autori considerano invece che il processo di maturazione radicolare in seguito a tali procedure sia un processo di riparazione dei tessuti che consente il fisiologico sviluppo di un elemento dentario immaturo [83] e non una rigenerazione *ex novo* di un tessuto.

L'approccio rigenerativo al trattamento di elementi immaturi necrotici include le tecniche di rivascolarizzazione pulpare e l'impiego dell'ingegneria tissutale per l'utilizzo di cellule staminali e fattori di crescita, di matrici tridimensionali o iniettabili o per l'impianto di tessuto pulpare coltivato in laboratorio.

Diversi tipi di cellule staminali, tra cui quelle della polpa dentale (DPSC), quelle del midollo osseo (BMSC), quelle derivate dall'essfoliazione dei denti decidui umani (SHED) e dalla papilla apicale (SCAP) hanno mostrato a diversi livelli la capacità di generare strutture osteoidi e odontoidi [84]. È stato ipotizzato che le DPSC sopravvissute nella porzione restante di tessuto vitale possano ricostituire il tessuto pulpare andato perduto e differenziarsi in odontoblasti secondari in sostituzione degli odontoblasti primari danneggiati [85].

Nei casi in cui l'intero tessuto pulpare, la papilla apicale e le cellule di HERS siano andati persi, è intuitivo che un'auto-rigenerazione pulpare sia alquanto improbabile. In elementi con apici molto aperti in cui sopraggiunga una necrosi in

ambiente sterile è possibile però che altri tessuti riempiano lo spazio canalare, quali cemento e legamento parodontale [86–90].

La rivascolarizzazione è un nuovo approccio terapeutico che potrebbe sostituire l'apecificazione [79,91–95]. È designata a promuovere la rivascolarizzazione di elementi permanenti immaturi con polpa necrotica infetta e parodontite apicale/ascenso. La procedura richiede principalmente una copiosa irrigazione del canale con antisettici in abbinamento alla disinfezione con una medicazione a base di tre antibiotici: ciprofloxacina, metronidazolo e minociclina, oppure idrossido di calcio. È stato riscontrato radiograficamente l'ispessimento delle pareti canalari e la continua formazione radicolare in elementi permanenti immaturi con parodontite apicale sottoposti a rivascolarizzazione [79,91–94]. In contrasto, altri autori non descrivono uno sviluppo radicolare significativo dopo aver applicato la stessa procedura su elementi permanenti immaturi con parodontite apicale [95–97].

L'approccio rigenerativo può portare alcuni importanti vantaggi rispetto all'apecificazione: il completo sviluppo radicolare comporta una maggiore resistenza dell'elemento alla frattura [98] e un tempo di sopravvivenza in bocca maggiore [99,100]. D'altra parte, il tessuto rigenerato può incorrere nuovamente in problemi infettivi dalla difficile gestione. Inoltre le tecniche di ingegneria tissutale richiedono un controllo avanzato dell'aspetto microbiologico e non sono semplici da mettere in atto.

Conclusioni

Dall'analisi della letteratura effettuata l'idrossido di calcio risulta il gold standard tra i materiali utilizzati per la gestione di elementi dentari immaturi. L'introduzione di nuovi materiali e le tecnologie a disposizione stanno promuovendo un interesse crescente verso strategie che permettano di mantenere o addirittura ripristinare la vitalità pulpare.

Rilevanza clinica: L'utilizzo di materiali a base di silicato di calcio permette di gestire efficacemente il trattamento di elementi dentari immaturi, diminuendo in molte circostanze i tempi operativi dei protocolli clinici sinora adottati.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

1. Krasner P, Rankow H. New philosophy for the treatment of avulsed teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995;79:616–23.
2. American Association of Endodontists. *Glossary of endodontic terms*, 7th ed. Chicago, IL: American Association of Endodontists; 2003.

3. Barker BC, Mayne JR. Some unusual cases of apexification subsequent to trauma. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975;39:144–50.
4. Wechsler SM, Fishelberg G, Opderbeck WR, LoMonaco CJ, Skribner JE, Shovlin FE. Apexification: a valuable and effective clinical procedure. *Gen Dent* 1978;26:40–3.
5. Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Al Mushayt A. Clinical assessment of mineral trioxide aggregate (MTA) as direct pulp capping in young permanent teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2006;31:72–6.
6. Bogen G, Kim JS, Bakland LK. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study. *J Am Dent Assoc* 2008;139(3):305–15.
7. El-Meligy OA, Avery DR. Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide as pulpotomy agents in young permanent teeth (apexogenesis). *Pediatr Dent* 2006;28:399–404.
8. Blanco L, Cohen S. Treatment of crown fractures with exposed pulps. *J Calif Dent Assoc* 2002;30(6):419–25.
9. Barrieshi-Nusair KM, Qudeimat MA. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously exposed permanent teeth. *JOE* 2006;32:731–5.
10. Qudeimat MA, Barrieshi-Nusair KM, Owais AI. Calcium hydroxide vs mineral trioxide aggregates for partial pulpotomy of permanent molars with deep caries. *Eur Arch Paediatr Dent* 2007;8:99–104.
11. Witherspoon DE, Small JC, Harris GZ. Mineral trioxide aggregate pulpotomies: a case series outcomes assessment. *J Am Dent Assoc* 2006;137:610–8.
12. Parirokh M, Kakoei S. Vital pulp therapy of mandibular incisors: a case report with 11-year follow up. *Aust Endod J* 2006;32(2):75–8.
13. Nosrat A, Asgary S. Apexogenesis of a symptomatic molar with calcium enriched mixture. *Int Endod J* 2010;43(10):940–4.
14. Nosrat A, Asgary S. Apexogenesis treatment with a new endodontic cement: a case report. *JOE* 2010;36(5):912–4.
15. El-Meligy OA, Avery DR. Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Pediatr Dent* 2006;28:248–53.
16. Pradhan DP, Chawla HS, Gauba K, Goyal A. Comparative evaluation of endodontic management of teeth with unformed apices with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *J Dent Child Chic* 2006;73:79–85.
17. Dylewski JJ. Apical closure of non-vital teeth. *Oral Surg* 1971;32:82–9.
18. Steiner JC, Dow PR, Cathey GM. Inducing root end closure of non-vital permanent teeth. *J Dent Child* 1968;35:47–54.
19. Van Hassel HJ, Natkin E. Induction of root end closure. *J Dent Child* 1970;37:57–9.
20. Stewart GG. Calcium hydroxide induced root healing. *J Am Dent Assoc* 1975;90:783–800.
21. West NM, Lieb RJ. Biologic root-end closure on a traumatized and surgically resected maxillary central incisor: an alternative method of treatment. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:146–9.
22. Michanowicz J, Michanowicz A. A conservative approach and procedure to fill an incompletely formed root using calcium hydroxide as an adjunct. *J Dent Child* 1967;32:42–7.
23. Wechsler SM, Fishelberg G, Opderbeck WR, LoMonaco CJ, Skribner JE, Shovlin FE. Apexification: a valuable and effective clinical procedure. *Gen Dent* 1978;26:40–3.
24. Binnie WH, Rowe AHR. A histologic study of the periapical tissues of incompletely formed pulpless teeth filled with calcium hydroxide. *J Dent Res* 1973;52:1110–6.
25. Heithersay GS. Periapical repair following conservative endodontic therapy. *Aus Dent J* 1970;15:511–8.
26. Anthony DR, Senia ES. The use of calcium hydroxide as a paste fill. *Tex Dent J* 1981;99:6–10.
27. Scheehy EC, Roberts GJ. Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J* 1997;183:241–6.
28. Chawla HS. Apical closure in a non-vital permanent tooth using one calcium hydroxide dressing. *J Dent Child* 1986;53:44–7.
29. Chosack A, Sela J, Cleaton-Jones P. A histological and quantitative histomorphometric study of apexification of nonvital permanent incisors of vervet monkeys after repeated root filling with a calcium hydroxide paste. *Endod Dent Traumatol* 1997;13:211–7.
30. Cvek M. Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. I. Follow-up of periapical repair and apical closure of immature roots. *Odontol Revy* 1972;23:27–44.
31. Feiglin B. Differences in apex formation during apexification with calcium hydroxide paste. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:195–9.
32. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne BB, Abedi HR, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate in dogs. *JOE* 1999;25:1–5.
33. Shabahang S, Torabinejad M. Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12:315–20.
34. Witherspoon DE, Small JC, Regan JD, Nunn M. Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *JOE* 2008;34:1171–6.
35. Fong CD, Davis MJ. Partial pulpotomy for immature permanent teeth: Its present and future. *Pediatr Dent* 2002;24:29–32.
36. Walton RE, Torabinejad M. Management of incompletely formed roots. In: *Principles and Practice of Endodontics*, 3rd ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 2002. p. 388–404.
37. Codman WW. Ossification of the pulp of a tooth. *Newsletter* 1851;IV:90.
38. Herman B. *Biologische Wurzelbehandlung*. Frankfurt, Germany: W. Kramer; 1936.
39. Trope M, Chivian N, Sigurdsson A, Vann WF. Traumatic injuries. In: Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the pulp*. 8th edn. St Louis, MO: Mosby; 2004. p. 603–50.
40. Andreasen JO, Andreasen FM. *Textbook and Colour Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth*. Copenhagen: Mosby; 1994.
41. Witherspoon D. Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives-permanent teeth. *JOE* 2008;34(7 Suppl):S25–8.
42. Chong BS. *Managing endodontic failure in practice*. Chicago: Quintessence Publishing Co., Ltd; 2004. p. 123–47.
43. Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1999;87:398–404.
44. Kratchman SI. Perforation repair and one-step apexification procedures. *Dent Clin N Am* 2004;48:291–307.
45. Ulmanský M, Sela J, Langer M, Yaari A. Response of pulpotomy wounds in normal human teeth to successively applied Leder-mix and Calxyl. *Arch Oral Biol* 1971;16:1393–8.
46. Haskell EW, Stanley HR, Chellemi J, Stringfellow H. Direct pulp capping treatment: a long-term follow-up. *JADA* 1978;97:607–12.
47. Farhad A, Mohammadi Z. Calcium hydroxide: a review. *Int Dent J* 2005;55:293–301.
48. Mohammadi, Dummer. Calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 2011;44:697–730.
49. King Jr JB, Crawford JJ, Lindahl RL. Indirect pulp capping: a bacteriologic study of deep carious dentine in human teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965;20:663–9.
50. Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *JOE* 1993;19(2):76–8.

51. Barthel CR, Rosenkranz B, Leuenberg A, Roulet JF. Pulp capping of carious exposures: treatment outcome after 5 and 10 years – a retrospective study. *JOE* 2000;26:525–8.
52. Holland R, De Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan JE. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *JOE* 1999;25:161–6.
53. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *JOE* 1999;25:197–205.
54. Stanley HR, Pameijer CH. Pulp capping with a new visible-light-curing calcium hydroxide composition (Prisma VLC Dycal). *Oper Dent* 1985;10:156–63.
55. Cox CF, Bogen G, Kopel HM, Ruby JD. Repair of pulpal injury by dental materials. In: Hargreaves KM, Goodis HE, Seltzer S, editors. *Seltzer and Bender's dental pulp*. Chicago: Quintessence; 2002. p. 325–44.
56. Murray PE, Hafez AA, Smith AJ, Cox CF. Hierarchy of pulp capping and repair activities responsible for dentin bridge formation. *Am J Dent* 2002;15:236–43.
57. Camp JH, Barrett EJ, Pulver F. Pediatric endodontics: endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In: Cohen S, Burns RC, editors. *Pathway of the pulp*. 8th ed. St. Louis, MO: Mosby, Inc; 2002. p. 823–33.
58. Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the pulp*. 4th ed. St. Louis: Mosby Co; 1983. p. 628–9.
59. Stanley HR. Pulp capping: conserving the dental pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68:628–39.
60. Cvek M. A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *JOE* 1978;4:232–7.
61. Cvek M, Lundberg M. Histological appearance of pulps after exposure by a crown fracture, partial pulpotomy, and clinical diagnosis of healing. *JOE* 1983;9:8–11.
62. De Blanco LP. Treatment of crown fractures with pulp exposure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1996;82:564–8.
63. Mejàre I, Cvek M. Partial pulpotomy in young permanent teeth with deep carious lesions. *Endod Dent Traumatol* 1993;9:238–42.
64. Mass E, Zilberman U. Clinical and radiographic evaluation of partial pulpotomy in carious exposure of permanent molars. *Pediatr Dent* 1993;15:257–9.
65. Schmitt D, Lee J, Bogen G. Multifaceted use of ProRoot™ MTA root canal repair material. *Pediatr Dent* 2001;23:326–30.
66. Karabucak B, Li D, Lim J, Iqbal M. Vital pulp therapy with mineral trioxide aggregate. *Dent Traumatol* 2005;21:240–3.
67. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *JOE* 2005;31:376–9.
68. Seltzer S, Bender IB, editors. *Pulpa Dental*. México: El Manual Moderno; 1987. p. 197–8.
69. Fusk AB, Chosak A, Klein H, Eidelman E. Partial pulpotomy as a treatment alternative for exposed pulps in crown fractured permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:100–2.
70. Blanco L. Fracturas coronarias con exposición pulpar. *Tratamiento Rev Esp Endod* 1989;7:155–60.
71. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J* 2011;44(12):1081–7.
72. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J* 2012;45(5):439–48.
73. Koubi S, Elmerini H, Koubi G, Tassery H, Camps J. Quantitative evaluation by glucose diffusion of microleakage in aged calcium silicate-based open-sandwich restorations. *Int J Dent* 2012;2012:105863.
74. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005;21:1–8.
75. Sanaa C, Redouane A, Sana R. Apexification of immature teeth with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate: systematic review and meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Pathol* 2011;112:e36–42.
76. Steinig TH, Regan JD, Gutmann JL. The use and predictable placement of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification cases. *Aust Endod J* 2003;29:34–42.
77. Huang GT-J. Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J* 2009;42:855–66.
78. Iwaya SI, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dent Traumatol* 2001;17:185–7.
79. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *JOE* 2004;30:196–200.
80. Chueh L-H, Huang GTJ. Immature teeth with periradicular periodontitis or abscess undergoing apexogenesis: a paradigm shift. *JOE* 2006;32:1205–13.
81. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *JOE* 2007;33:377–90.
82. Gebhardt M, Murray PE, Namerow KN, Kuttler S, Garcia-Godoy F. Cell survival within pulp and periodontal constructs. *JOE* 2009;35:63–6.
83. Lin LM, Rosenberg PA. Repair and regeneration in endodontics. *Int Endod J* 2011;44:889–906.
84. Sharma S, Sikri V, Sharma N, Sharma V. Regeneration of tooth pulp and dentin: trends and advances. *Annals of Neurosciences* 2010;17:31–43.
85. Sonoyama W, Liu Y, Yamaza T, Tuan RS, Wang S, Shi S, et al. Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth: a pilot study. *JOE* 2008;34:166–71.
86. Huang GT. Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J* 2009;42:855–66.
87. Thibodeau B, Teixeira F, Yamauchi M, Caplan DJ, Trope M. Pulp revascularization of immature dog teeth with apical periodontitis. *JOE* 2007;33:680–9.
88. da Silva LA, Nelson-Filho P, da Silva RA, Flores DS, Heilborn C, Johnson JD, et al. Revascularization and periapical repair after endodontic treatment using apical negative pressure irrigation versus conventional irrigation plus triantibiotic intracanal dressing in dog's teeth with apical periodontitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:779–87.
89. Wang X, Thibodeau B, Trope M, Lin LM, Huang GT. Histological characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *JOE* 2010;36:56–63.
90. Yamauchi N, Yamauchi S, Nagaoka H, Duggan D, Zhong S, Lee SM, et al. Tissue engineering strategies for immature teeth with apical periodontitis. *JOE* 2001;37:390–7.
91. Iwaya S-I, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dental Traumatol* 2001;17:185–7.
92. Chueh L-H, Huang GT-J. Immature teeth with periradicular periodontitis or abscess undergoing apexogenesis: a paradigm shift. *JOE* 2006;32:1205–13.
93. Jung I-Y, Lee S-J, Hargreaves KM. Biologically based treatment of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *JOE* 2008;34:876–87.
94. Ding RY, Cheung GS, Chen J, Yin XZ, Wang QQ, Zhang CF. Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *JOE* 2009;35:745–9.
95. Chueh LH, Ho YC, Kuo TC, Lai WH, Chen YH, Chiang CP. Regenerative endodontic treatment for necrotic immature permanent teeth. *JOE* 2009;35:160–4.
96. Shah N, Mogani A, Bhaskar U, Aggarwal V. Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical study. *JOE* 2008;34:919–25.

97. Petrino JA, Boda KK, Shambarger S, Bowles WR, McClanahan SB. Challenges in regenerative endodontics: a case series. *JOE* 2010;36:536–41.
98. Doyon GE, Dumsha T, von Fraunhofer JA. Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. *JOE* 2005;31:895–7.
99. Caplan DJ, Cai J, Yin G, White BA. Root canal filled versus non-root canal filled teeth: a retrospective comparison of survival times. *J Public Health Dent* 2005;65:90–6.
100. Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *JOE* 2004;30:846–50.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



ARTICOLO ORIGINALE

Valutazione in vitro dell'affaticamento di strumenti rotanti in nichel-titanio

In vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic Nickel-Titanium rotary instruments

Giuseppe Cutrò^{a,*}, Valentina Amateis^a, Salvatore C. Provenzano^b,
Paolo Cusimano^b, Enzo M. Cumbo^b, Giuseppe Gallina^b

^aProgramma di Formazione post-universitaria, Istituto Stomatologico Italiano, Milano (Direttore: Dott. S. Siervo)

^bUniversità degli Studi di Palermo

Ricevuto il 16 luglio 2012; accettato il 3 settembre 2012

Disponibile online il 9 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Fatica ciclica;
Strumenti rotanti in
Ni-Ti;
Profile;
K3 File;
Twisted File.

KEYWORDS

Cyclic fatigue;
Nickel-titanium files;
ProFile;
K3 File;
Twisted File.

Riassunto

Obiettivo: L'obiettivo di questo lavoro è quello di valutare, in vitro, la fatica ciclica di ProFile, K3 e Twisted File, strumenti rotanti in nichel-titanio, in canali radicolari simulati aventi angoli di curvatura di 45°, 60° e 90°.

Materiali e metodi: Per effettuare questo studio sono stati utilizzati: 18 file 25/.06 ProFile; 18 file 25/.06 K3; 18 file 25/.06 Twisted File. La resistenza a fatica ciclica degli strumenti rotanti Ni-Ti è stata testata ad angolazioni di 45°, 60° e 90° mediante un modello sperimentale creato specificatamente.

Risultati e conclusioni: Dall'analisi dei dati è emersa una buona resistenza alla fatica ciclica per quanto concerne le sistematiche ProFile e Twisted File, di contro, la sistemica K3 è risultata essere inferiore alle altre per tutte le curvature prese in esame. I Twisted File all'angolazione di 90° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica nettamente superiore rispetto ai ProFile e ai K3.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objective: The objective of this work is the evaluation "in vitro" of the cyclic fatigue of ProFile, K3 and Twisted File – Ni-Ti revolving instruments – in simulated root canals with a degree of curve of 45°, 60° and 90°.

Materials and methods: For the realisation of this work the following files have been used: 8 files 25/.06 ProFile; 18 files 25/.06 K3; 18 files 25/.06 Twisted File. The resistance to cyclic fatigue of Ni-Ti revolving instruments has been tested at different angles (45°, 60° and 90°) by means of an experimental model, specifically created for these purposes.

* Corrispondenza: Istituto Stomatologico Italiano, via Pace, 21 – 20122 Milano.

E-mail: giusepegavinocutro@gmail.com (G. Cutrò).

Results and discussion: Data analysis brings out that Profile and Twisted File systems have a good resistance to cyclic fatigue. On the other hand, K3 instruments turned out to be inferior than others in all the different angles taken into account. Twisted Files show a bigger resistance to fatigue than Profiles and K3 at an angle of 90°.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

Negli ultimi anni il nichel-titanio (Ni-Ti) si è affermato in endodonzia come una grande innovazione nell'ambito della strumentazione del sistema dei canali radicolari, in particolare attraverso l'impiego di lime rotanti [1,2]. Il successo di tale tecnica è dovuto principalmente a due caratteristiche, una meccanica e una riferibile al disegno tridimensionale dello strumento. Le caratteristiche meccaniche della lega, sono superiori a quelle offerte dall'acciaio [3] e le innovazioni per quel che concerne dimensioni e conicità migliorano la qualità dello strumento [4]. I vantaggi sono molteplici: il poter disporre di strumenti a conicità aumentata, che possono conferire una tronco conicità continua e calibrata al canale radicolare [5], la rotazione continua, che assicura un'efficacia di taglio [6], la cosiddetta "superelasticità" della lega Ni-Ti, che permette di affrontare curvature canalari consistenti senza che il canale stesso possa subire deformazioni significative [6,7]. L'insieme di questi fattori permette di preparare il canale radicolare in tempi più brevi e con un minor numero di strumenti [8]. Molti degli strumenti in lega Ni-Ti sono prodotti per tornitura (o intaglio) con scelte morfologiche che riguardano sia la sezione trasversa sia l'andamento e l'orientamento delle spire [9]. Questa innovazione ha contribuito all'introduzione di strumenti tecnologicamente più evoluti, notevolmente performanti in termini di capacità di taglio [10] e in grado di resistere a sollecitazioni fisiche più elevate [11], così da ridurre il rischio di frattura durante la rotazione continua all'interno delle curvature del canale radicolare. Tale problematica, cioè la resistenza agli stress flessurali e torsionali, rimane, in realtà, il limite maggiore del loro utilizzo [12]. La rotazione continua all'interno di curve accentuate comporta sollecitazioni di gran lunga superiori a quelle derivanti dall'utilizzo manuale, che, nonostante le favorevoli proprietà della lega nichel-titanio, possono esitare in una frattura intraoperatoria con una frequenza superiore rispetto a quanto avveniva in passato con l'uso manuale delle lime in acciaio [12,13]. Negli ultimi anni, quindi, tutte le evoluzioni relative al disegno degli strumenti e alle loro tecniche di impiego sono state motivate proprio dal tentativo di migliorarne le caratteristiche meccaniche e renderli ancora più affidabili e sicuri, in particolare nelle anatomie più complesse, ove maggiori sono le sollecitazioni meccaniche che subiscono [14].

L'obiettivo di questo lavoro è quello di valutare, in vitro, la fatica ciclica di ProFile, K3 e Twisted File, strumenti rotanti Ni-Ti, in canali radicolari simulati aventi angoli di curvatura di 45°, 60° e 90°.

Materiali e metodi

Campione sperimentale

Per effettuare questo studio sono stati utilizzati: 18 file 25/.06 ProFile (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Svizzera;

Dentsply/Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA); 18 file 25/.06 K3 (Sybron Endo, Glendora, CA, USA); 18 file 25/.06 Twisted File (Sybron Endo, Glendora, CA, USA). La resistenza a fatica ciclica degli strumenti rotanti Ni-Ti è stata testata ad angolazioni di 45°, 60° e 90° mediante un modello sperimentale creato specificatamente (fig. 1).

Sistema di rilevazione

Il modello sperimentale, da noi ideato, è costituito da un cilindro cavo in acciaio inox avente diametro di 1,5 mm, altezza pari a 4,5 cm, fissato perpendicolarmente, mediante saldatura, a una piastra metallica in acciaio inox di larghezza e altezza 7 cm e di spessore pari a 0,6 cm. Un parallelepipedo in legno, due prismi triangolari retti, anch'essi in legno, aventi angoli alla base rispettivamente di 30° e 45°. Una morsa da banco girevole in ghisa, una squadra graduata verticale, un piano di legno, di larghezza 57 cm, di altezza 30 cm e di spessore 1,7 cm. Un micromotore endodontico VDW serie Gold (DENTSPLY, Roma, Italia) con contrangolo Sirona VDW 6:1 (Sirona Dental Systems LLC, Charlotte, NC, USA). Una videocamera Sony Full HD (1080) 10,2 Megapixel (Sony Corporation, Giappone). Si è provveduto a fissare la morsa, i prismi triangolari retti e il parallelepipedo, a mezzo di viti autofilettanti, al piano di legno. Il cilindro cavo in acciaio, mediante la piastra metallica, è stato fissato in posizioni differenti rispettivamente sui prismi triangolari retti e sul parallelepipedo. Per ricreare un angolo noto fra lo strumento rotante Ni-Ti, in esame, e il cilindro cavo è stato utilizzato il teorema del parallelismo (figg. 2 e 3).

Il parallelismo fra lo strumento rotante Ni-Ti e il piano in legno, per ogni singolo campione in esame, è stato valutato a mezzo della squadra graduata verticale. Per creare un angolo di 45° tra lo strumento rotante Ni-Ti e il cilindro cavo, la piastra metallica è stata fissata sul prisma triangolare retto con angolo alla base di 45° (fig. 4). Per creare un angolo di 60°



Figura 1 Sistema di rilevazione della fatica.

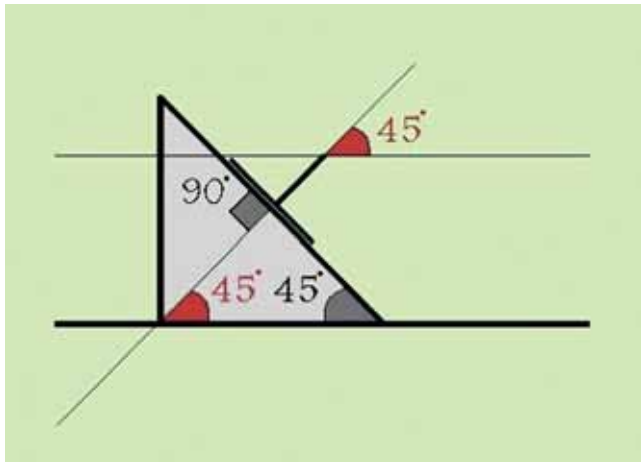


Figura 2 Angoli corrispondenti 45°.

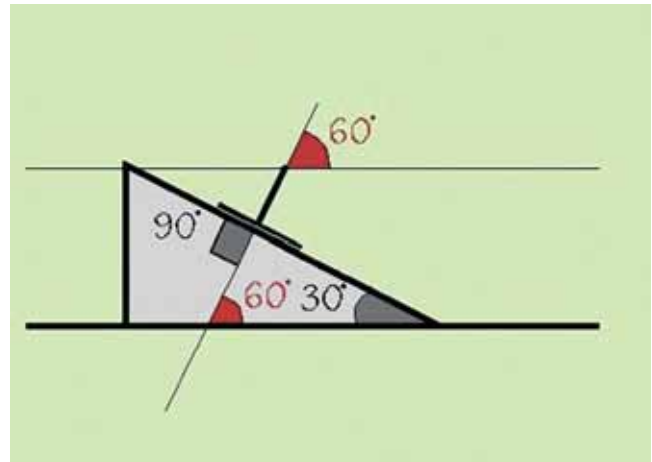


Figura 3 Angoli corrispondenti 60°.



Figura 4 Angolo di 45°.



Figura 5 Angolo di 60°.

tra lo strumento rotante Ni-Ti e il cilindro cavo, la piastra metallica è stata fissata sul prisma triangolare retto con angolo alla base di 30° (fig. 5).

Per ottenere un angolo di 90° tra lo strumento rotante Ni-Ti e il cilindro cavo, la piastra metallica è stata fissata sul parallelepipedo (fig. 1). Infine il manipolo contrangolo del micromotore endodontico è stato fissato alla morsa. Tutti gli strumenti hanno subito lo stesso trattamento e sono stati sollecitati attraverso l'uso di un motore endodontico. La velocità è stata fissata al valore standard di 300 rpm ed è stato impostato un valore di torque di 2,3 N/cm (230 g/cm). La parte lavorante dello strumento, pari a 16 mm, è stata inserita all'interno del cilindro cavo per una lunghezza di 9 mm, misurata mediante un calibro. Lo strumento veniva azionato fino al manifestarsi della sua frattura. La rotazione di ogni singolo strumento Ni-Ti, all'interno del cilindro cavo, dal suo inizio alla frattura, è stata filmata utilizzando la videocamera al fine di poter calcolare con esattezza il tempo che lo strumento impiegava a fratturarsi. Tutti i video eseguiti sono stati valutati al computer mediante il software Adobe Premiere CS3 (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA). Il tempo di frattura degli strumenti, con sensibilità al centesimo di secondo, è stato cronometrato tramite l'analisi dei fotogrammi utilizzando il software Avid Liquid

7.2 (Avid Technology Inc, Tewksbury, MA, USA). Il numero di giri effettuato da ogni strumento fino alla frattura da fatica ciclica viene determinato mediante calcolo matematico, conoscendo il tempo intercorso e il numero di rpm.

Analisi statistica

Lo studio statistico è stato condotto utilizzando il test ANOVA, ovvero l'analisi della varianza a tre vie. Inoltre, dove ritenuto opportuno, si è applicato il test statistico *t*-student per analizzare due gruppi di strumenti alla stessa angolazione. L'analisi è stata condotta per il numero di giri degli strumenti Ni-Ti sia a 45°, sia a 60°, sia a 90°. Le ipotesi sono state date da:

- H_0 o ipotesi nulla: i tre diversi tipi di strumenti Ni-Ti presentano la medesima resistenza a fatica ciclica;
- H_a : almeno uno dei tre strumenti presenta una resistenza a fatica ciclica superiore a quella degli altri.

La significatività di entrambi i test è stata posta al 5% ($p \leq 0,05$). Per mezzo del test ANOVA, si è voluto determinare se fosse accettabile o meno assumere che le colonne dei numeri di giri degli strumenti rotanti Ni-Ti fossero estratti dalla stessa popolazione. La statistica ANOVA, chiamata *F*, è stata

condotta utilizzando il software MINITAB (Minitab Inc, State College, PA, USA).

Risultati

Dall'analisi dei dati è emersa una buona resistenza alla fatica ciclica per quanto concerne le sistematiche ProFile e Twisted File, di contro, la sistemica K3 è risultata essere inferiore alle altre per tutte le curvature prese in esame. ProFile e Twisted File all'angolazione di 45° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica migliore rispetto alla sistemica K3, e tale differenza è risultata altamente significativa ($p < 0,0001$). Sempre per quanto riguarda l'angolazione di 45°, dai dati statistici non si è palesata alcuna differenza statisticamente significativa ($p > 0,05$) tra le sistematiche ProFile e Twisted File (tabella 1). Anche all'angolazione di 60° non si è rilevata alcuna differenza statisticamente significativa tra ProFile e Twisted File ($p > 0,05$); diversamente si è ottenuta una differenza statisticamente significativa tra la sistemica K3 e le altre due sistematiche ($p < 0,0001$) (tabella 2). All'angolazione di 90° tra ProFile e K3 non emerge alcuna differenza statisticamente significativa ($p > 0,05$), ma la sistemica Twisted File è risultata superiore rispetto alle altre due ($p < 0,0001$) (tabella 3).

Discussione

Lo scopo del presente lavoro è stato quello valutare, in vitro, la fatica ciclica di tre diverse sistematiche di strumenti rotanti Ni-Ti: ProFile, K3 e Twisted File. Mediante la creazione di un modello sperimentale si sono garantite le stesse

Tabella 1 Dati relativi alle fratture degli strumenti Ni-Ti testati a 45°.

Strumenti Ni-Ti	Tempo di frattura medio	Numero di giri medio
ProFile	540.74 s [*]	2704 [*]
K3	65.38 s	327
Twisted File	584.59 s [*]	2923 [*]

^{*} ProFile e Twisted File presentano valori di resistenza alla fatica ciclica superiori rispetto la metodica K3 ($n = 6$) ($F = 90,71$; $p < 0,0001$) e ($t = 0,6986$; $p = 0,5007$; $p > 0,05$). Deviazione standard: 1080,74.

Tabella 2 Dati relativi alle fratture degli strumenti Ni-Ti testati a 60°.

Strumenti Ni-Ti	Tempo di frattura medio	Numero di giri medio
ProFile	51.83 s [*]	259 [*]
K3	19.67 s	98
Twisted File	61.48 s [*]	313 [*]

^{*} ProFile e Twisted File presentano valori di resistenza alla fatica ciclica superiori rispetto la metodica K3 ($n = 6$) ($F = 26,40$; $p < 0,0001$) e ($t = 1,7238$; $p = 0,1155$; $p > 0,05$). Deviazione standard: 91,32.

Tabella 3 Dati relativi alle fratture degli strumenti Ni-Ti testati a 90°.

Strumenti Ni-Ti	Tempo di frattura medio	Numero di giri medio
ProFile	5.63 s [#]	28 [#]
K3	5.20 s [#]	26 [#]
Twisted File	15.08 s [*]	75 [*]

^{*} Twisted File presentano valori di resistenza alla fatica ciclica superiori rispetto alle metodiche K3 e ProFile ($n = 6$) ($F = 34,05$; $p < 0,0001$) e ($t = 5,8956$; $p = 0,0002$; $p < 0,05$).

[#] K3 e Profile non presentano differenti valori di resistenza alla fatica ciclica ($n = 6$) ($t = 0,7493$; $p = 0,4709$; $p > 0,05$). Deviazione standard: 22,64.

condizioni per tutti gli strumenti esaminati. La resistenza a fatica ciclica dei K3 è risultata essere inferiore per tutte le angolazioni prese in esame, 45°, 60°, 90°, rispetto ai Twisted File, inoltre la resistenza a fatica ciclica è risultata inferiore anche rispetto ai ProFile, ma solamente per curvature di 45° e 60°. I K3 a 90° hanno evidenziato una resistenza a fatica ciclica assimilabile a quella dei ProFile. I K3, presentando un angolo di taglio, acuto e positivo, due lame con scarico periferico e una sezione radiale stabilizzatrice, necessitano di una minore massa dello strumento (*bulk*), pertanto queste caratteristiche potrebbero spiegare la loro minore resistenza a frattura da fatica ciclica dovuta a stress flessorio. I ProFile, tranne all'angolazione di 90° dove si comportano similmente ai K3, hanno mostrato a 45° e 60° una resistenza a fatica ciclica del tutto assimilabile a quella mostrata dai Twisted File, ma superiore rispetto alla sistemica K3. I risultati ottenuti dalla sistemica ProFile possono essere spiegati considerando che essi presentano una bassa propensione all'avvitamento all'interno dei canali poiché i radial land agiscono come una pialla su una superficie di legno: non tagliano la dentina ma la raschiano. Questa caratteristica favorisce la flessibilità e la "sicurezza" degli strumenti pur a discapito della loro capacità di taglio. I Twisted File ad angolazioni di 45° e 60° hanno dimostrato una resistenza a fatica ciclica pari a quella dei ProFile. Alla angolazione di 90° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica nettamente superiore rispetto ai ProFile e ai K3. Questa particolare resistenza allo stress flessorio, manifestatasi soprattutto per la curvatura di 90°, è presumibilmente riconducibile agli innovativi processi produttivi che avvalendosi di particolari trattamenti termici sulla lega Ni-Ti conservano e incrementano le proprietà meccaniche degli strumenti [15,16]. Più precisamente, il filo austenitico viene sottoposto a un ciclo termico brevettato di riscaldamento e raffreddamento con temperature e tempi idonei a modificare la fase cristallina (*R-phase*) così da renderlo non-superelastico. In tal modo, dal filo, per torsione, si possono produrre strumenti canalari senza utilizzare processi di tornitura o intaglio (*grinding*) [16,17]. Dopo aver dato la forma agli strumenti questi devono essere sottoposti a un nuovo ciclo termico per ritornare alla fase cristallina superelastica austenitica, le cui caratteristiche sono necessarie per l'uso endodontico [18]. Infine lo strumento viene sottoposto a una rifinitura finale (*deoxidation*), poco aggressiva, che mantiene durezza e integrità dei cristalli senza perdere il taglio delle lame [18,19].

Conclusioni

I risultati ottenuti nel presente studio avvalorano le qualità di resistenza a fatica ciclica evidenziate dalla sistematica Twisted File, soprattutto per curvature elevate come 90°. Ulteriori studi saranno necessari per valutare il comportamento degli strumenti rotanti Ni-Ti allo stress da fatica ciclica, al fine di confermare i risultati di questo lavoro.

Rilevanza clinica: I Twisted File ad angolazioni di 45° e 60° hanno dimostrato una resistenza a fatica ciclica pari a quella dei ProFile.

Alla angolazione di 90° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica nettamente superiore rispetto ai ProFile e ai K3. Questa particolare resistenza allo stress flessorio, manifestatasi soprattutto per la curvatura di 90°, è presumibilmente riconducibile agli innovativi processi produttivi che avvalendosi di particolari trattamenti termici sulla lega Ni-Ti conservano e incrementano le proprietà meccaniche degli strumenti. Altri studi saranno necessari per confermare o smentire i risultati ottenuti.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

- Shen Y, Haapasalo M. Three-dimensional analysis of cutting behavior of nickel-titanium rotary instruments by microcomputed. *J Endod* 2008;34(5):606–10.
- Gambarini G, Pongione G, Milana V, Testarelli L. Vantaggi e limiti del nichel-titanio in endodonzia. *Il dentista moderno* 2009;2:28–43.
- Yang GB, Zhou XD, Zheng YL, Zhang H, Shu Y, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2007;40:707–14.
- Versiani MA, Pascon EA, De Sousa CJ, Borges MA, Sousa-Neto MD. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary system by means of spiral computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:807–13.
- Matwychuk MJ, Bowles WR, McClanahan SB, Hodges JS, Pesun IJ. Shaping abilities of two different engine-driven rotary nickel-titanium systems or stainless steel balance-force technique in mandibular molars. *J Endod* 2007;33:868–71.
- Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Ni-Ti instrument. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2006;39:196–202.
- Rodig T, Hulsman M, Kahlmeier C. Comparison of root canal preparation with two rotary Ni-Ti instruments: ProFile; 04 and GT Rotary. *Int Endod J* 2007;40:553–62.
- Bahia MG, Melo MC, Buono VT. Influence of simulated clinical use on the torsional behavior of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:675–80.
- Grande NM, Plotino G, Butti A, Messina F, Pameijer CH, Somma F. Cross-sectional analysis of root canals prepared with Ni-Ti rotary instruments and stainless steel reciprocating files. *Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:120–6.
- Kim HC, Cheung GS, Lee CJ, Kim BM, Park JK, Kang SI. Comparison of forces generated during root canal shaping and residual stresses of three nickel-titanium rotary files by using a three-dimensional finite-element analysis. *J Endod* 2008;34(6):743–7.
- Shen Y, Haapasalo M, Cheung GS, Peng B. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 1: Relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *J Endod* 2009;35(1):129–32.
- Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35(3):401–3.
- Bahia MG, Martins RC, Gonzalez BM, Buono VT. Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behavior of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2005;38:795–801.
- Plotino G, Grande NM, Sorci E, Malagnino VA, Somma F. Influence of brushing working motion on the fatigue life of Ni-Ti rotary instruments. *Int Endod J* 2007;40:45–51.
- Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod* 2010;36(5):904–7.
- Bouska J, Justman B, Williamson A, DeLong C, Qian F. Resistance to cyclic fatigue failure of a new endodontic rotary file. *J Endod* 2012;38:667–9.
- Bhagabati N, Yadav S, Talwar S. An in vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2012;38:515–8.
- Casper RB, Roberts HW, Roberts MD, Himel VT, Bergeron BE. Comparison of autoclaving effects on torsional deformation and fracture resistance of three innovative endodontic file systems. *J Endod* 2011;37:1572–5.
- Huang HM, Chang WJ, Teng NC, Lin HL, Hsieh SC. Structural analysis of cyclic-loaded nickel-titanium rotary instruments by using resonance frequency as a parameter. *J Endod* 2011;37:993–6.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



CASO CLINICO

La preparazione dell'istmo coronale: una procedura fondamentale per un successo a lungo termine

The preparation of coronal isthmus is a fundamental step for long term success

Alfredo Iandolo ^{a,*}, Michele Simeone ^b, Francesco Riccitiello ^b

^aOdontoiatra, Libero professionista in Avellino

^bDipartimento di Scienze Odontostomatologiche e Maxillo-Facciali, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli

Ricevuto l'11 marzo 2012; accettato il 3 settembre 2012

Disponibile online l'1 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Istmo coronale;
Punte ultrasoniche;
Microscopio operatorio;
Primo premolare superiore;
Canale mesiale mediano.

KEYWORDS

Coronal isthmus;
Ultrasonic tips;
Operating microscope;
Maxillary first premolar;
Middle mesial canal.

Riassunto

Obiettivo: Illustrare l'utilizzo di punte ultrasoniche e del microscopio operatorio nella preparazione dell'istmo coronale dei premolari con due canali radicolari e dell'istmo mesiale dei primi molari inferiori.

Materiali e metodi: Per la preparazione degli istmi coronali sono state utilizzate punte ultrasoniche e il microscopio operatorio.

Risultati: I risultati dimostrano come, grazie alla preparazione dell'istmo, sia possibile rimuovere tessuto pulpare.

Discussione e conclusioni: Gli esiti positivi evidenziati da questi casi clinici dimostrano come l'utilizzo del microscopio operatorio e degli ultrasuoni siano indispensabili nell'eseguire una corretta cavità d'accesso e nel reperimento di tutti gli orifizi canalari.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objective: To illustrate the use of ultrasonic tips and operating microscope in the preparation of coronal isthmus in premolars with two root canals and the mesial isthmus of first molars.

Materials and methods: For preparation of the coronal isthmus ultrasonic tips were used, under the operating microscope.

Results: The results demonstrates, preparation of the isthmus, to be a effective and useful step in removal of the pulp tissue which otherwise would have remained in this delicate area, leading to a probable failure of endodontic treatment.

Discussion and conclusions: The positive results shown by these case studies illustrates, how essential and efficient are the operating microscope combined with the ultrasonic tips in executing a proper cavity access and retrieval of all the canal orifices.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

* Corrispondenza: via A. Ammaturo, 126/b – 83100 Avellino.

E-mail: iandoloalfredo@libero.it (A. Iandolo).

Introduzione

Il successo a lungo termine in endodonzia è strettamente legato a un'adeguata detersione, sagomatura e una completa otturazione tridimensionale del complesso sistema dei canali radicolari. Molto probabilmente una percentuale significativa di insuccessi è attribuibile alla presenza di canali radicolari non individuati e quindi non trattati [1].

Il sistema endodontico è composto di spazi facilmente accessibili agli strumenti manuali e rotanti, quali i canali principali e, così come confermato da molti studi clinici e istologici, di spazi non facilmente accessibili o inaccessibili, ad esempio gli istmi, i delta, i canali laterali e accessori.

La sagomatura canalare non è in grado di raggiungere tutte le aree del sistema dei canali radicolari, indipendentemente dalla tecnica adoperata; parte dell'endodonto rimane, dunque, non trattato.

Proprio per questo motivo è necessario affidarsi alla detersione biochimica del variegato spazio endodontico; questo, una volta deterso, potrà essere riempito e otturato da guttaperca e cemento al momento dell'otturazione [2].

I batteri sono i principali agenti eziologici dell'infezione pulpale periapicale [3]. Un canale radicolare con materiale pulpale residuo, sia esso vitale o necrotico, può determinare lo sviluppo o la persistenza di una lesione periapicale. In alcuni casi, la presenza di istmi coronali non trattati in maniera adeguata non consente, neanche con la migliore detersione biochimica, di detergere o sagomare gli spazi endodontici principali e gli eventuali canali accessori al fine di avere un successo prevedibile.

Grazie all'uso del microscopio operatorio e di punte ultrasoniche specifiche è possibile localizzare e preparare più facilmente i canali radicolari e ottenere un maggior controllo di tutte le fasi dell'intervento.

Una fase spesso trascurata durante la preparazione della cavità d'accesso è la preparazione dell'istmo. Quest'ultimo può essere definito come una delicata e sottile parte anatomica che mette in comunicazione due o più canali radicolari. L'istmo, oltre a contenere possibile tessuto pulpale, potrebbe anche nascondere l'ingresso di un eventuale canale radicolare. Vertucci afferma che gli istmi non sono altro che anastomosi tra i due canali [4].

La preparazione dell'istmo coronale nei premolari con due orifizi canalari è importante in quanto una sua mancata preparazione potrebbe nascondere e trattenere materiale pulpale, tessuti necrotici e residui batterici. Per prevenire quindi un eventuale fallimento del trattamento endodontico è necessario preparare questa delicata zona.

La preparazione dell'istmo dei canali mesiali nei primi molari inferiori è particolarmente importante in quanto una sua mancata sagomatura potrebbe nascondere la presenza del *middle mesial canal*.

Il canale mesiale mediano dei primi molari inferiori, descritto per la prima volta da Vertucci e Williams nel 1974 [5], ha una frequenza che va dall'1 al 15% [6]. Quasi sempre questo canale confluisce nel canale mesiolinguale o nel mesiovestibolare a livello del terzo apicale, avendo un forame apicale indipendente solo nel 5% dei casi [7].

Materiali e metodi

Dopo aver eseguito una o più radiografie preoperatorie con la tecnica dei raggi paralleli e stabilito un corretto piano di trattamento, si procede al trattamento endodontico. Isolato il campo operatorio con diga di gomma ed eventualmente con diga liquida viene eseguita la cavità d'accesso sotto ingrandimento e illuminazione (4x).

Protocollo operativo riguardo la preparazione dell'istmo dei primi molari inferiori

Dopo aver individuato i canali principali, bisogna aumentare l'ingrandimento, almeno a 8x, e cominciare a sondare con una sonda endodontica (DG 16) lo spazio esistente tra il canale mesiovestibolare e il mesiolinguale. Subito dopo aver eseguito la cavità d'accesso, capita di rado di individuare immediatamente l'orifizio del canale mesiale mediano; è più comune che tra i due canali mesiali non sia presente alcun orifizio, per cui bisogna procedere alla preparazione dell'istmo dei canali mesiali. Con una punta ultrasonica diamantata a testa arrotondata di piccole dimensioni (0,5 mm di diametro, P-Tip, Plastic Endo, USA) si deve preparare l'istmo per una profondità di circa 1 mm, lavorando appoggiati alla parete mesiale per evitare di creare una perforazione. È necessario lavorare a potenza media e senza irrigazione per una visione ottimale del campo operatorio (fig. 1). Naturalmente questa fase deve essere eseguita sotto costante ingrandimento e illuminazione. Preparato l'istmo con un file di piccole dimensioni (K-file 06-08), si sonda il solco per individuare la presenza o meno del terzo canale mesiale (figg. 2-3). Nel caso in cui quest'ultimo fosse presente, è fondamentale accertarsi, utilizzando un localizzatore elettronico apicale, di non aver effettuato una perforazione del pavimento della camera pulpale, tenendo cura anche di identificare una sua confluenza nel canale mesiolinguale o mesiovestibolare in modo da evitare di stressare gli strumenti rotanti durante la fase di sagomatura.

Protocollo operativo riguardo la preparazione dell'istmo dei premolari con due orifizi canalari

Eseguita la cavità d'accesso e accertati della presenza di due canali radicolari (fig. 4) si procede alla preparazione dell'istmo.



Figura 1 Preparazione dell'istmo in un primo molare inferiore.

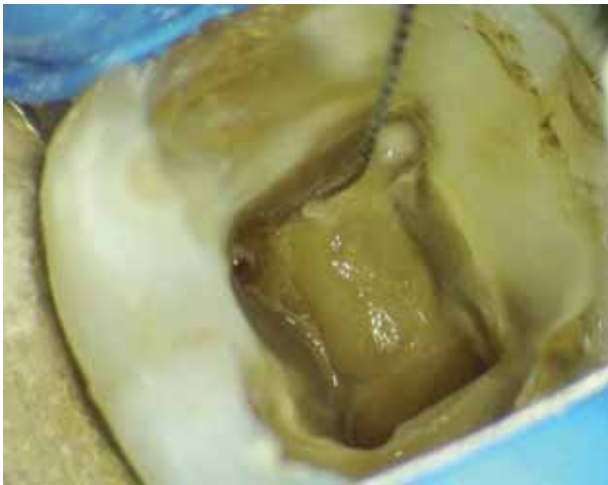


Figura 2 Sondaggio del *middle mesial canal* in un primo molare inferiore.



Figura 3 Canali sagomati.



Figura 4 Cavità d'accesso eseguita in un primo premolare superiore: è possibile notare la presenza di due orifizi canalari e l'istmo che li connette.



Figura 5 Preparazione dell'istmo con punta ultrasonica sotto ingrandimento e illuminazione.

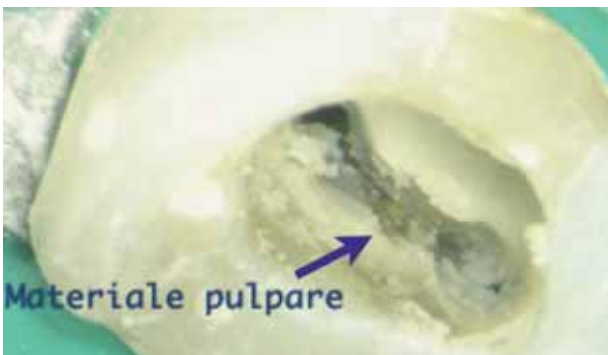


Figura 6 È possibile notare durante la preparazione dell'istmo la presenza di materiale pulpare.



Figura 7 Istmo preparato; a un ingrandimento di 8x si nota il pavimento dell'istmo biancastro e lucente.

Aumentato l'ingrandimento ad almeno 8x, con una punta ultrasonica diamantata a testa arrotondata di piccole dimensioni (0,5 mm di diametro, P-Tip della Plastic Endo), si comincia a rimuovere il tessuto dentario presente tra i due orifizi canalari (figg. 5–6). Questa fase è molto delicata

in quanto bisogna terminare la preparazione appena giunti sul pavimento dell'istmo il quale è facilmente riconoscibile dal suo colore biancastro e lucente (fig. 7). Questa preparazione in mani poco esperte e soprattutto senza i dovuti ingrandimenti potrebbe facilmente portare a



Figura 8 Un altro esempio di preparazione dell'istmo in un primo premolare superiore con due canali radicolari. Nella foto dove è presente l'istmo non preparato si nota la presenza di un rivoletto di sangue.



Figura 9 Esempio di istmo non preparato in un primo molare inferiore.



Figura 10 Dopo la preparazione dell'istmo si può notare il *middle mesial canal*.

una perforazione dell'elemento dentario. Proprio per questo motivo è indispensabile utilizzare punte ultrasoniche dedicate sotto costante ingrandimento e illuminazione (8x). Di seguito vengono riportati dei casi clinici dove è possibile notare l'importanza della preparazione degli istmi coronali (*figg. 8–10*).

Risultati

I risultati dimostrano com'è stato possibile, grazie alla preparazione degli istmi coronali, rimuovere tessuto pulpare nei premolari con due orifizi canalari e localizzare il *middle mesial canal* nei primi molari inferiori. Se l'istmo non fosse stato preparato, molto probabilmente si sarebbe avuto un insuccesso del trattamento endodontico.

Discussione e conclusioni

Solo dopo aver localizzato la reale anatomia della camera pulpare, è possibile proseguire con le successive fasi di detersione, preparazione e otturazione tridimensionale del sistema dei canali radicolari, nel pieno rispetto dell'anatomia originale, creando i presupposti per un successo prevedibile della terapia endodontica [8].

Gli esiti positivi evidenziati da questi casi clinici dimostrano come l'utilizzo del microscopio operatorio e di punte ultrasoniche dedicate sia indispensabile nell'eseguire una corretta cavità d'accesso e nel reperimento di tutti gli orifizi canalari. Le ridotte dimensioni delle punte ultrasoniche e l'utilizzo a secco delle stesse sotto ingrandimento e illuminazione fanno sì che uno dei vantaggi principali del loro uso sia l'insuperabile visibilità del campo operatorio.

Infine bisogna sottolineare che le moderne tecnologie da sole non possono aiutarci e che solo abbinandole a un'ottima conoscenza dell'anatomia dei denti e delle sue possibili variabili possono garantire dei risultati certi e riproducibili [1].

Rilevanza clinica: Per ottenere dei risultati certi e riproducibili occorre usufruire delle moderne tecnologie e di adeguate conoscenze anatomiche; solo in questo modo i nostri trattamenti endodontici potranno avere sempre più un successo a lungo termine.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

1. Iandolo A. Reperimento del canale mesiale mediano nei primi molari inferiori. *Il Dentista moderno* 2011;18:269.
2. Santarcangelo F, Castellucci A. L'irrigazione canalare nell'endodonzia moderna: casi semplici. Blog in odontoiatria: www.zerodonto.com, sezione Endodonzia.
3. Dahlen G, Bergenholtz G. Endodontic activity in teeth with necrotic pulps. *J Endod* 1980;59:1033–9.
4. Vertucci F. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg* 1984;58:589–99.
5. Vertucci F, Williams R. Root canal anatomy of the mandibular first molar. *J N J Dent Assoc* 1974;48:27–8.
6. Partnoy G. Expecting the unexpected. The beauty of Endodontics: Part I Middle mesial canals of mandibular first molars. *Oral Health* 2005;12:28–30.
7. Fabra Campos H. Three canals in the mesial root of mandibular permanent first molars; a clinical study. *Int Endod J* 1989;22:39–42.
8. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269.



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



RASSEGNA DELLA LETTERATURA INTERNAZIONALE

PRESENTAZIONE

Analisi radiografiche con tecnologie d'avanguardia: il significato per l'endodontista

L'attenzione della rubrica "Rassegna della Letteratura Internazionale" si sofferma, qualora ce ne fosse ulteriore bisogno, sulle metodiche digitali di acquisizione delle informazioni utili per fare diagnosi in patologie a carico di elementi dentali con problematiche endodontiche.

La Tomografia Cone Beam (CBCT) appare oggi un elemento insostituibile per raggiungere un sufficiente livello di approssimazione sia nella fase diagnostica sia nella fase operativa dell'endodonzia di tutti i giorni.

Rimane ancora oggi parecchio da valutare riguardo alla dose di radiazioni cui si sottopone il paziente; è indubbio che la valutazione costi/benefici dovrà essere prevalente rispetto al seppur eclatante risultato diagnostico. È altresì evidente che le possibili evoluzioni dei sistemi CBCT a bassa dose radiogena non possono che essere incentivate in questo ambito dell'odontostomatologia che beneficerebbe, e non poco, della diagnostica tridimensionale fruibile con queste sistematiche.

Massimo Gagliani

Editor-in-Chief

Giornale italiano di Endodonzia

E-mail: massimo.gagliani@endodonzia.it

ABSTRACT

Determinazione della lunghezza di lavoro attraverso l'impiego di immagini ottenute precedentemente con Cone-Beam Computer Tomography (CBCT): uno studio prospettico controllato

F.B. Jeger, S.F. Janner, M.M. Bornstein, A. Lussi

Endodontic working length measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study

(J Endod 2012;38[7]:884–8)

Obiettivo: Determinare la lunghezza di lavoro in modo corretto significa assicurare una prognosi favorevole agli elementi dentali trattati endodonticamente. È stato obiettivo di questo studio clinico controllato di tipo prospettico

analizzare se, attraverso immagini CBCT precedentemente ottenute per scopi diversi da quelli endodontici, potesse essere possibile determinare una lunghezza canalare corretta in denti da trattare per patologie pulpari o periapicali.

Metodi: Sono stati inclusi pazienti che avessero elementi dentali da trattare endodonticamente rappresentati in CBCT precedentemente effettuate per scopi non affini. Clinicamente la lunghezza di lavoro è stata misurata con un rilevatore elettronico e questa lunghezza è stata confrontata con quella desumibile dalla CBCT.

Risultati: In 40 denti considerati nello studio la correlazione tra le due misure è parsa elevatissima, pari, attraverso il coefficiente di correlazione di Pearson, allo 0,97.

Conclusioni: I risultati di questo studio clinico prospettico controllato confermano l'ipotesi che l'impiego della CBCT nella misurazione della lunghezza dell'endodonto è altamente attendibile; nel caso in cui tale esame sia disponibile e riguardi denti che devono essere trattati, esso può essere sfruttato eliminando quindi l'esigenza di effettuare esami radiografici ulteriori.

ABSTRACT

Identificazione delle fratture verticali con tre metodologie di immagine radiografica: il ruolo della presenza o dell'assenza della gutta-perca intracanalare

S. Khedmat, N. Rouhi, N. Drage, N. Shokouhinejad, M.H. Nekoofar

Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta-percha root fillings

(Int Endod J 2012 Apr 6. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02062.x>. [Epub ahead of print])

Obiettivo: Verificare la presenza di fratture radicolari in elementi dentali riempiti con gutta-perca o vuoti attraverso tre metodiche di indagine radiografica, ovvero la radiologia digitale (DR), la tomografia a detettori multipli (MDCT) e la tomografia cone beam (CBCT).

Metodi: Cento denti estratti sono stati preparati e divisi in quattro gruppi: due gruppi sperimentali in cui i denti erano stati fratturati e due gruppi i cui denti erano integri. In uno dei due gruppi, sperimentale e controllo rispettivamente, è stato inserito un cono di gutta-perca (ISO 40, 0,04). Tutti i

denti sono stati radiografati con le tre metodiche e le immagini ottenute sono state sottoposte a valutazione.

Risultati: In assenza di guttaperca le tre metodiche hanno fornito risultati simili, tuttavia la CBCT ha fornito i riscontri migliori. Quando era presente la guttaperca la MDCT ha fornito i risultati più accurati, essendo lievemente migliore della CBCT. Entrambe erano superiori alla DR.

ABSTRACT

Studio comparativo sull'efficacia della Tomografia Cone Beam (CBCT) e delle radiografie periapicali nella diagnostica delle complicazioni endodontiche

P.S. D'Addazio, C.N. Campos, M. Özcan, H.G. Teixeira, R.M. Passoni, A.C. Carvalho

A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications

(Int Endod J 2011;44[3]:218–24)

Obiettivo: Confrontare la sistematica CBCT con le radiografie endorali nella fase diagnostica delle più comuni complicanze endodontiche.

Materiali: Sedici denti umani sono stati inseriti in tre mandibole. Quattro per ciascun gruppo simulavano delle complicanze endodontiche: G1) uno strumento fratturato; G2) una perforazione radicolare; G3) un perno con una comunicazione parodontale; G4) un riassorbimento radicolare esterno. Le radiografie tradizionali periapicali sono state eseguite con tre proiezioni differenti, mentre si è eseguita una scansione attraverso CBCT. Osservatori opportunamente calibrati hanno classificato le immagini con i seguenti valori: 0 (alterazione non definibile), 1 (alterazione identificata non diagnosticabile), 2 (alterazione identificata e diagnosticata correttamente). I dati sono poi stati analizzati attraverso test non parametrici (test di McNemar e Wilcoxon).

Risultati: In tutte le situazioni esaminate la metodica CBCT è risultata di gran lunga superiore alle radiografie periapicali. Scendendo nel dettaglio, tuttavia, la CBCT è stata superiore in modo significativo solo nelle diagnosi di riassorbimento esterno.

Conclusioni: Nel caso di riassorbimenti esterni la CBCT è da considerare l'esame di elezione per ottenere una diagnosi attendibile.



Cari Colleghi,
desidero ricordarVi che nei giorni 8, 9 e 10 Novembre avrà luogo, a Bologna, il 32° Congresso Nazionale SIE.

Il titolo parla da sé: saranno affrontati i differenti aspetti di una nuova endodonzia che, da un lato è più prevedibile nei risultati grazie a nuove tecniche e a strumenti sempre più affidabili, mentre dall'altro si occupa della rigenerazione del tessuto pulpare andato distrutto, nel tentativo di offrire il ripristino di una condizione radicolare simile a quella originale.

Nel programma spiccano, inoltre, relazioni sulle nuove modalità di irrigazione e disinfezione canalare, sui ritrattamenti, sulle alternative implantari e sui nuovi orientamenti nella ricostruttiva dei denti trattati endodonticamente.

Il Corso Pre-Congresso, che si terrà Giovedì 8, sarà condotto da Sashi Nallapati e avrà come titolo *"Anatomia endodontica complessa: diagnosi e strategie di trattamento"*.

Sarà un momento di grande apprendimento per quanto riguarda i casi più complessi ed è rivolto a tutti i colleghi in cerca di soluzioni semplici da applicare anche nei casi apparentemente difficili.

Da ultimo, la Cena Sociale presso il Palazzo Re Enzo, in data Venerdì 9, coronerà il momento di aggregazione: la deliziosa cena sarà accompagnata da musica dal vivo e da serata danzante.

Fra i molti vantaggi l'iscrizione alla SIE offre l'opportunità di accumulare più di 40 crediti ECM. Visitate il sito www.endodonzia.it.

Certo quindi di vederVi numerosi al Congresso Vi saluto cordialmente

Marco Martignoni

STRUTTURA SOCIETARIA

SEZIONI REGIONALI



SECRETARIO CULTURALE SIE
Dott. Mario Lendini
 via Felice Romani 27
 10131 Torino
 tel. 011 8196989
 fax 011 8197717
 e-mail: mario@drlendini.it



COORDINATORE
Dott. Mario Badino
 via G. Romani 4
 20122 Milano
 tel. 02 7628424
 fax 02 76391916
 e-mail: badinomario@libero.it

SECRETARI REGIONALI 2012

SAE Abruzzo

dott. Lucio Daniele
 Viale Corrado IV, 6
 67100 L'Aquila
 tel. 0862-25469
 fax. 0862-422309
 cell. 333-77696075
 drlucio@tiscali.it

SEB Basilicata

dott. Eduardo Veralli
 Via XX Settembre, 19
 85100 Potenza (PO)
 tel. e fax. 0971 22170
 cell 349 5176063
 eduardo@studioveralli.191.it

SCE Calabria

dott. Giuseppe Multari
 Via G. del Fosso, 4
 89127 Reggio Calabria
 tel. 0965 811236
 fax. 0965 28410
 cell. 368 7840763
 gmultari@libero.it

SEC Campania

dott. Mariano Malvano
 Via F. Fracanzano, 21
 80127 Napoli
 tel. 081 5600797
 fax. 081 5600797
 cell. 336 849993
 marianomalvano@libero.it

SERE Emilia Romagna

dott.ssa Maria Veronica Orsi
 Viale Pietramellara,
 35/A 40121 Bologna
 tel. 051 241989
 fax. 051 582674
 cell. 335 368602
 mv.orsi@virgilio.it

SER Lazio

dott.ssa Maria Elvira Sbardella
 Via E. Manfredi, 17
 00197 Roma
 tel. 06 80693820
 fax. 06 80696911
 cell. 338 1239163
 elvirasbardella@tin.it

SEL Liguria

dott. Andrea Polese
 Piazza Golgi, 16
 16011 Arenzano (GE)
 Tel. e Fax. 010 9124625
 cell. 338 1289165
 andrea.polese@libero.it

SLE Lombardia

dott. Cristian Coraini
 Via P.Rossi, 36
 20161 Milano
 tel. 02/781924
 cell. 335/6650356
 fax. 02/781924
 cristian.coraini@fastwebnet.it

SME Marche

dott. Eugenio Tosco
 Via Puccini, 25
 63023 Fermo
 tel. 0734 217036
 fax. 0734 511359
 cell. 333 2151033
 e.tosco@tin.it

SPE Piemonte e Valle d'Aosta

dott. Alessandro Bianco
 C.so Vittorio Emanuele II, 12
 10123 Torino
 tel. 011 8122033
 alex_bianco@libero.it

SEP Puglia

Dott. Raniero Barattolo
 Zona Comm. Parchitello, 7
 70016 Bari
 tel. e fax. 080 5433242
 info@studiobarattolo.it

SES Sardegna

Dott. Stefano Serra
 Via Biasi, 5
 07100 Sassari
 tel. 079 295454
 serrastefano@tiscalinet.it

SSE Sicilia

dott. Massimo Calapaj
 P.zza della Repubblica Isolato, 278
 98123 Messina
 tel. 090 661462
 fax. 090 2002003
 calapaj.massimo@tiscali.it

SET Toscana

dott. Fabrizio Cardosi Carrara
 P.zza L. Nobili, 85
 55100 Lucca
 cell. 329 6951557
 f.cardosicarrara@libero.it

STE Triveneto

dott. Carlo Tocchio
 Via 24 Maggio, 144
 45021 Badia Polesine (RO)
 cell. 338 8585283
 carlo.tocchio@alice.it

◆ STRUTTURA SOCIETARIA

SOCI ONORARI

Borsotti Prof. Gianfranco
Dolci Prof. Giovanni
Mantero Prof. Franco
Perrini Dott. Nicola
Riitano Dott. Francesco

SOCI ATTIVI

Agresti Dott. Daniele
Altamura Dott. Carlo
Amato Prof. Massimo
Ambu Dott. Emanuele
Amaroso d'Aragona Dott.ssa Eva
Ascione Dott.ssa Maria Rosaria
Ausiello Prof. Pietro
Autieri Dott. Giorgio
Badino Dott. Mario
Barattolo Dott. Raniero
Barboni Dott.ssa Maria
Giovanna
Barone Prof. Michele
Bartolucci Dott. Francesco
Bate Dott.ssa Anna Louise
Becciani Dott. Riccardo
Beccio Dott. Roberto
Bertani Dott. Pio
Berutti Prof. Elio
Bianco Dott. Alessandro
Bonaccorso Dott. Antonino
Bonacossa Dott. Lorenzo
Bonelli Bassano Dott. Marco
Borrelli Dott. Marino
Boschi Dott. Maurizio
Bottacchiaro Dott. Renato Stefano
Botticelli Dott. Claudio
Braghieri Dott. Attilio
Brenna Dott. Franco
Bresciano Dott. Bartolo
Buda Dott. Massimo
Cabiddu Dott. Mauro
Calabrò Dott. Antonio
Calapaj Dott. Massimo
Calderoli Dott. Stefano
Campanella Prof. Vincenzo
Campo Dott.ssa Simonetta
Canonica Dott. Massimo
Cantatore Prof. Giuseppe
Capelli Dott. Matteo
Cardinali Dott. Filippo
Cardosi Carrara Dott. Fabrizio
Carmignani Dott. Enrico
Carratù Dott.ssa Paola
Carrieri Dott. Giuseppe
Cascone Dott. Andrea
Cassai Dott. Enrico
Castellucci Dott. Arnaldo
Castro Dott. Davide Fabio
Cavalleri Prof. Giacomo
Cavalli Dott. Giovanni
Cecchinato Dott. Luigi
Cerutti Prof. Antonio
Ciunci Dott. Renato Pasquale
Colla Dott. Marco
Conconi Dott. Marcello
Conforti Dott. Gian Paolo
Coraini Dott. Cristian
Cortellazzi Dott. Gianluca

Cotti Prof. Elisabetta
Cozzani Dott.ssa Marina
D'Agostino Dott.ssa Alessandra
Daniele Dott. Lucio
D'Arcangelo Prof. Camillo
De Rosa Dott. Angelo
Del Mastro Dott. Giulio
Dell'Agnola Dott.ssa Antonella
Dettori Dott.ssa Claudia
Di Ferrante Dott. Giancarlo
Di Giuseppe Dott. Italo
Donati Dott. Paolo
Dorigato Dott.ssa Alessandra
Fabbri Dott. Massimiliano
Fabiani Dott. Cristiano
Faitelli Dott.ssa Emanuela
Fassi Dott. Angelo
Favatà Dott. Massimo
Fermani Dott. Giorgio
Ferrari Dott. Paolo
Ferrari Dott. Loris Giuliano
Ferrini Dott. Francesco
Foce Dott. Edoardo
Forestali Dott. Marco
Fornara Dott. Roberto
Fortunato Dott. Leonzio
Franco Dott. Vittorio
Fuschino Dott. Ciro
Gaffuri Dott. Stefano
Gagliani Prof. Massimo
Galliano Dott. Giancarlo
Gallo Dott. Giancarlo
Gallotini Prof. Livio
Gambarini Prof. Gianluca
Generali Dott. Paolo
Gerosa Prof. Roberto
Gesì Dott. Andrea
Giacomelli Dott.ssa Grazia
Giovarruscio Dott. Massimo
Gnesutta Dott. Carlo
Gnoli Dott.ssa Rita
Gorni Dott. Fabio
Greco Dott.ssa Katia
Gullà Dott. Renato
Hazini Dott. Abdol Hamid
Kaitsas Dott. Roberto
Kaitsas Prof. Vasilios
La Rocca Dott. Sergio
Lalli Dott. Fabio
Lamorgese Dott. Vincenzo
Lendini Dott. Mario
Maggiore Dott. Francesco
Malagnino Dott. Giampiero
Malagnino Prof. Vito Antonio
Malentacca Dott. Augusto
Malvano Dott. Mariano
Mancini Dott. Roberto
Mancini Dott. Mario
Manfrini Dott.ssa Francesca
Mangani Prof. Francesco
Marcoli Dott. Piero Alessandro
Martignoni Dott. Marco
Massimilla Dott. Michele
Mazzocco Dott. Alberto
Migliau Dott. Guido
Monza Dott. Daniele
Mori Dott. Massimo

Multari Dott. Giuseppe
Mura Dott. Giovanni
Natalini Dott. Daniele
Negro Dott. Alfonso Roberto
Ongaro Dott. Franco
Orsi Dott.ssa Maria Veronica
Padovan Dott. Piero
Palmeri Dott. Mario
Pansecchi Dott. Davide
Pappalardo Dott. Alfio
Parente Dott. Bruno
Pasqualini Dott. Damiano
Passariello Dott.ssa Paola
Pecora Prof. Gabriele
Piferi Dott. Marco
Pilotti Dott. Emilio
Piscane Dott. Claudio
Polesel Dott. Andrea
Pollastro Dott. Giuseppe
Pongione Dott. Giancarlo
Pontoriero Dott.ssa Denise
Portulano Dott. Francesco
Pracella Dott. Pasquale
Preti Dott. Riccardo
Pulella Dott. Carmelo
Puttini Dott.ssa Monica
Raffaelli Dott. Renzo
Raia Dott. Roberto
Rapisarda Prof. Ernesto
Re Prof. Dino
Rengo Prof. Sandro
Ricciello Prof. Francesco
Ricucci Dott. Domenico
Rigolone Dott. Mauro
Rizzoli Dott. Sergio
Roggero Dott. Emilio
Russo Dott. Ernesto
Sammarco Dott. Roberto
Santarcangelo Dott. Filippo Sergio
Sbardella Dott.ssa Maria Elvira
Sberna Dott.ssa Maria Teresa
Scagnoli Dott. Luigi
Schianchi Dott. Giovanni
Schirosa Dott. Pier Luigi
Serra Dott. Stefano
Simeone Prof. Michele
Smorto Dott.ssa Natalia
Somma Prof. Francesco
Sonaglia Dott. Angelo
Stuffer Dott. Franz
Taglioretti Dott. Vito
Taschieri Dott. Silvio
Tavernise Dott. Salvatore
Testori Dott. Tiziano
Tiberi Dott. Claudio
Tocchio Dott. Carlo
Tonini Dott. Riccardo
Tosco Dott. Eugenio
Tripi Dott.ssa Valeria Romana
Uberti Dott.ssa Manuela
Uccioli Dott. Umberto
Vaccari Dott. Simone
Vecchi Dott. Stefano
Venturi Dott. Mauro
Venturi Dott. Giuseppe
Venuti Dott. Luca

Veralli Dott. Eduardo
Vignoletti Dott. Gianfranco
Vittoria Dott. Giorgio
Zaccheo Dott. Francesco
Zerbinati Dott. Massimo
Zilocchi Dott. Franco
Zuffetti Dott. Francesco

SOCI AGGREGATI

Boari Dott. Daniele
Cuppini Dott.ssa Elisa
D'Alessandro Dott. Alfonso
Franchi Dott.ssa Irene
Gallo Dott. Roberto
Iandolo Dott. Alfredo
Squeo Dott. Giuseppe
Volpi Dott. Luca
Peducchi Dott.ssa Federica
Palazzi Dott. Flavio
Rovai Dott. Fabio
Strafella Dott. Roberto

SOCI SCOMPARI

Ricordiamo con affetto
e gratitudine i Soci scomparsi:

Garberoglio Dott. Riccardo
Socio Onorario
Pecchioni Prof. Augusto
Socio Onorario
Spina Dott. Vincenzo
Socio Onorario
Attanasio Dott. Salvatore
Socio Attivo
De Fazio Prof. Pietro
Socio Attivo
Dullo Dott. Sergio
Socio Onorario
Zerosi Prof. Carlo
Socio Onorario
Castagnola Prof. Luigi
Socio Onorario
Lavagnoli Dott. Giorgio
Socio Onorario

CONSIGLIO DIRETTIVO SIE TRIENNIO 2011-2013

Past President

Cantatore Prof. Giuseppe

Presidente

Martignoni Dott. Marco

Presidente Eletto

Bertani Dott. Pio

Vice Presidente

Ricciello Prof. Francesco

Segretario Tesoriere

Franco Dott. Vittorio

Segretario Culturale

Lendini Dott. Mario

Consiglieri

Pasqualini Dott. Damiano

Fornara Dott. Roberto

Revisori dei Conti

Sberna Dott.ssa Maria Teresa

Simeone Prof. Michele

COME DIVENTARE SOCIO ATTIVO/AGGREGATO

SCARICABILE DAL SITO WWW.ENDODONZIA.IT

SOCIO AGGREGATO

Per avere lo status di Socio Aggregato si dovrà presentare la documentazione descritta nel sito www.endodonzia.it, che sarà valutata dalla Commissione Accettazione Soci. Possono accedere alla qualifica di Socio Aggregato tutti i Soci Ordinari della SIE, in regola con le quote associative degli ultimi 3 anni, che completino e forniscano la documentazione alla Segreteria Nazionale (via Pietro Custodi 3 - 20136 Milano) entro i termini che verranno indicati all'indirizzo web: www.endodonzia.it

La domanda dovrà essere firmata da un Socio Attivo il quale dovrà aver esaminato e approvato la documentazione. Quest'ultimo è responsabile della correttezza clinica e formale della documentazione presentata.

DOCUMENTAZIONE PER DIVENTARE SOCIO AGGREGATO

Qualsiasi Socio Ordinario, con i requisiti necessari, può presentare l'insieme dei casi, in numero di 6 (sei), necessari per ottenere la qualifica di Socio Aggregato, secondo le modalità descritte.

L'aspirante Socio Aggregato potrà presentare i sei casi clinici in più volte, con un minimo di due casi per presentazione, in un arco di massimo cinque anni. Il mancato rinnovo della quota associativa, anche per un solo anno, annulla l'iter di presentazione dei casi.

SOCIO ATTIVO

Per avere lo status di Socio Attivo si dovrà presentare la documentazione descritta nel sito www.endodonzia.it, che sarà valutata dalla Commissione Accettazione Soci. Possono accedere alla qualifica di Socio Attivo tutti i Soci Ordinari della SIE, in regola con le quote

associative degli ultimi 3 anni, che completino e forniscano alla Segreteria Nazionale (via Pietro Custodi 3 - 20136 Milano) entro i termini che verranno indicati all'indirizzo web: www.endodonzia.it ove sarà possibile reperire tutta la documentazione espressa di seguito. La domanda di ammissione allo "status" di Socio Attivo rivolta al Presidente della SIE, dovrà essere fatta pervenire, insieme alla documentazione, alla Segreteria della SIE. Le date di scadenza saranno rese note sul sito.

La domanda dovrà essere firmata da un Socio Attivo il quale dovrà aver esaminato e approvato la documentazione. Quest'ultimo è responsabile della correttezza clinica e formale della documentazione presentata.

DOCUMENTAZIONE PER DIVENTARE SOCIO ATTIVO

Qualsiasi Socio Ordinario, con i requisiti necessari, può presentare l'insieme dei casi, in numero di 10 (dieci), necessari per ottenere la qualifica di Socio Attivo, secondo le modalità descritte. Il Socio Aggregato che volesse presentare i casi per diventare Socio Attivo, potrà farlo già dall'anno successivo all'ottenimento della sua qualifica. In questo frangente il Socio Aggregato dovrà sottoporre la documentazione formata dai quattro casi mancanti.

MODALITÀ DI DOCUMENTAZIONE DEI CASI CLINICI

I criteri e le modalità per la valutazione dei casi clinici idonei ad accedere alle qualifiche di Socio Aggregato e di Socio Attivo sono espressi nell'apposita sezione del Regolamento della Società Italiana di Endodonzia (SIE) all'indirizzo web: <http://www.endodonzia.it>

CRITERI DI VALUTAZIONE

Il singolo caso clinico nel suo complesso, coerentemente con gli scopi e i fini della SIE, deve essere presentato considerando non solo l'aspetto clinico del caso, ma anche quello formale della documentazione presentata.

ADEMPIMENTI DEL CANDIDATO

La domanda di ammissione allo "status" di Socio Aggregato/Attivo, rivolta al Presidente della SIE, dovrà pervenire, insieme alla documentazione di seguito elencata, alla Segreteria della SIE con un anticipo di 20 giorni sulle date di riunione della CAS, sufficiente per poter organizzare il materiale dei candidati. Le date di scadenza saranno rese note sul sito. La domanda dovrà essere firmata da un Socio Attivo il quale dovrà aver esaminato e approvato la documentazione. Quest'ultimo è responsabile della correttezza clinica e formale della documentazione presentata.

PRESENTAZIONE DEI CASI ALLA COMMISSIONE ACCETTAZIONE SOCI

La presenza del candidato è obbligatoria durante la riunione della CAS; è altresì consigliabile la presenza del Socio presentatore.

LA COMMISSIONE ACCETTAZIONE SOCI

La CAS (Commissione Accettazione Soci), eletta a ogni scadenza elettorale dall'Assemblea dei Soci Attivi e Onorari, è formata da 5 Soci Attivi, con almeno 5 anni di anzianità in questo ruolo e di indiscussa esperienza clinica. Compito della CAS è quello di esaminare e valutare i Casi Clinici presentati dagli aspiran-

ti Soci Aggregati e Soci Attivi. Per rispetto del lavoro dei Candidati e per omogeneità di giudizio, in ogni riunione verranno valutati non più di 5 candidati a Socio Attivo. Resta libero, invece, il numero dei candidati a Socio Aggregato valutabili in una singola riunione della CAS. Il Consiglio Direttivo (CD) incaricando la Commissione Accettazione Soci (CAS) la rende responsabile dell'applicazione delle regole descritte nell'articolo 2 del regolamento. Il giudizio della CAS è insindacabile.

MEMBRI DELLA COMMISSIONE ACCETTAZIONE SOCI 2011

Dott. Emanuele Ambu
Dott. Davide Fabio Castro
Dott. Franco Ongaro
Dott. Mauro Rigolone
Dott. Umberto Uccioli

SIMIT DENTAL

Le ultime novità Simit Dental per l'irrigazione canalare: N5 & N6

Simit Dental, costantemente impegnata nella creazione di soluzioni integrate per l'endodonzia, ha deciso di integrare la nuova linea Simit Pharma con il lancio di due nuovi prodotti dedicati all'irrigazione canalare: N5 - ipoclorito di sodio al 5% e N6 - ipoclorito di sodio al 6% con tensioattivo.

La referenza N5 è una soluzione a base di ipoclorito di sodio al 5% pronta all'uso per l'irrigazione dei canali radicolari. Questo prodotto presenta un'elevata capacità di dissoluzione della componente organica grazie all'elevata concentrazione (5,25) e un'elevata attività antimicrobica anche per *Enterococcus Faecalis*.

Il prodotto N6 è una soluzione con una maggiore concentrazione - 6% - di ipoclorito di sodio e presenta l'aggiunta di tensioattivo, pertanto più specialistica nel suo utilizzo, che rende la soluzione stessa più efficace soprattutto in caso di aree difficili da raggiungere quali canali laterali e garantendo una maggiore dissoluzione della componente organica.

Inoltre la letteratura contemporanea dimostra che la soluzione di ipoclorito nella concentrazione del 6% sia l'unico irrigante in grado di distruggere il biofilm più resistente e rimuoverlo completamente dai canali radicolari. Il tensioattivo migliora la capacità di scorrimento dell'ipoclorito e di conseguenza l'attività digestiva sul tessuto pulpare.

L'elevata qualità del confezionamento primario in vetro garantisce inoltre una stabilità maggiore del prodotto nel tempo.

L'elevata qualità del confezionamento primario in vetro garantisce inoltre una stabilità maggiore del prodotto nel tempo.



Per informazioni:
Simit Dental Srl
via C. Pisacane 5/A
46100 Mantova
Tel. 0376 267811
Fax 0376 381261
e-mail: info@simitdental.it

DENTSPLY ITALIA

RECIPROC® One file endo: la preparazione del canale con un solo strumento

Reciproc® è il sistema endodontico specifico per il movimento alternato che permette di sagomare completamente il canale radicolare con un solo strumento e senza l'utilizzo di un file manuale iniziale. Nel movimento alternato, lo strumento prima avanza nel canale ruotando in una direzione e successivamente torna indietro per rilasciare lo strumento. L'angolo della direzione tagliente è più ampio rispetto a quello della direzione contraria, in questo modo lo strumento progredisce con un movimento continuo verso l'apice senza il rischio di impegnarsi e conseguentemente fratturarsi all'interno del canale. Il movimento alternato attenua lo stress

sullo strumento e pertanto riduce il rischio di affaticamento ciclico causato dalla tensione e dalla compressione (De-Deus et al. 2010; Varela-Patiño et al. 2010) e allo stesso tempo assicura che lo strumento rimanga centrato all'interno del canale.

La speciale lega brevettata in nichel-titanio M-Wire®, grazie all'innovativo processo di trattamento termico, garantisce una straordinaria resistenza alla fatica ciclica e una maggiore flessibilità rispetto al nichel-titanio tradizionale.

Il sistema Reciproc® è semplice da usare e da apprendere perché grazie all'utilizzo di un solo strumento ci sono meno fasi di lavoro e nessuna sequenza da ricordare. È inoltre studiato per essere più efficace e sicuro rispetto alle

tecniche rotanti perché comporta minori rischi di frattura e avvitemento e garantisce una pulizia efficace anche in canali molto curvi e stretti¹.

Lo strumento Reciproc® è monouso utilizzabile al massimo per un molare e confezionato in blister pre-sterilizzati, eliminando totalmente il rischio di contaminazioni crociate per il paziente. Il sistema Reciproc® consente una procedura 4 volte più breve² rispetto alla tradizionale tecnica



rotante in Ni-Ti.

Nel 2011³ sono state già eseguite oltre 70.000 cure canalari con Reciproc®.

Bibliografia

1. Bürklein et al. 2011
2. "Canal preparation with only one reciprocating instrument without prior hand filing: a new concept" G.Yared 2010.
3. Strumenti monouso venduti in Italia da marzo a dicembre 2011.

DENTSPLY
ITALIA

Per provare subito in studio l'efficacia di Reciproc® o partecipare a un corso si rivolga al suo referente DENTSPLY di zona o chiami il numero verde 800-921107.

Per informazioni: www.dentsply.it; www.reciproc.it

SWEDEN & MARTINA

Al via la seconda edizione aggiornata di SCIENTIFICA: Strumenti Canalari Mtwo

A meno di due anni dalla prima, attesa edizione di una raccolta di studi sui rivoluzionari strumenti canalari Mtwo, Sweden & Martina edita, **SCIENTIFICA: Strumenti Canalari Mtwo** in occasione del VII Congresso Nazionale "The Ultimate Endo-restorative Dentistry", una seconda edizione aggiornata, integrata con i lavori nel frattempo pubblicati in tutto il mondo (Europa, Asia, Australia, Americhe) da autorevoli riviste, di endodonzia e non solo. Da quando, nel 2005, la commercializzazione degli strumenti Mtwo è stata estesa a livello internazionale, sono 73 i Paesi nei quali gli Mtwo sono stati adottati e studiati da entusiasti professionisti. Ecco quindi questa arricchita raccolta, volta a sottolineare l'interesse destato a livello mondiale dall'innovativo approccio proposto con la Tecnica Simultanea.

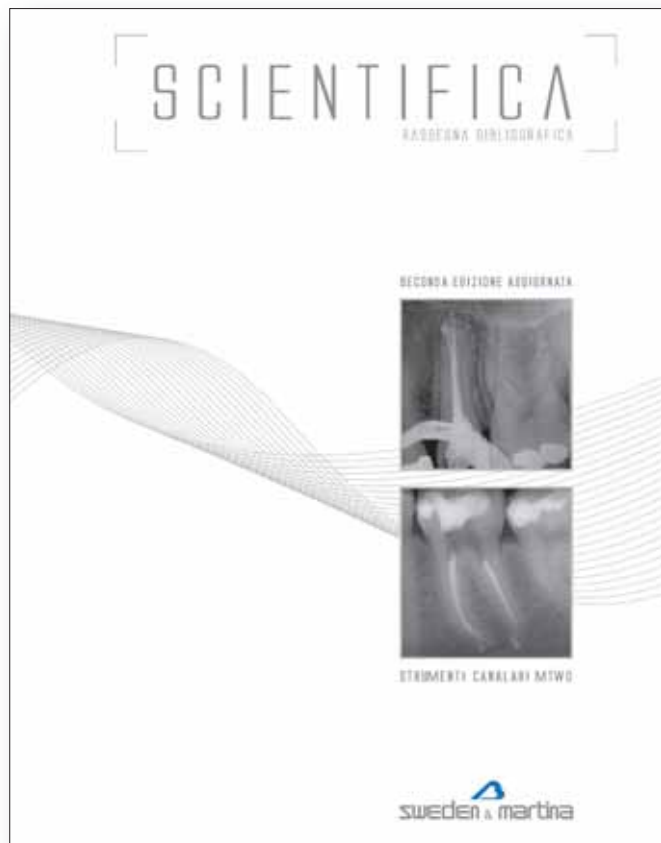
Il volume contiene una stesura del razionale della preparazione con strumenti Mtwo (preparazione Simultanea) e una classificazione dei lavori scientifici che sono stati pubblicati da autorevoli riviste internazionali a partire dal 2004. Coerentemente con la prima edizione, anche la seconda è articolata in sei sezioni, di cui le prime quattro raccolgono gli articoli suddivisi nei seguenti argomenti:

1. qualità della preparazione;
2. fatica ciclica e flessibilità;
3. capacità di taglio e resistenza torsionale;
4. lunghezza di lavoro, ritrattamenti, post-space e otturazione.

Nella quinta sezione sono raggruppati studi finalizzati ad altri scopi, ma nei quali sono stati impiegati gli strumenti Mtwo per effettuare la sagomatura dei canali.

L'ultima sezione raccoglie gli abstract di poster e relazioni congressuali in Italia e in Europa, di approfondimento sugli strumenti Mtwo.

SCIENTIFICA è disponibile gratuitamente. Si può richiedere telefonicamente allo 049.9124.300, con un e-mail a: info@sweden-martina.com, oppure compilando l'apposito modulo nel sito aziendale.



sweden & martina
40 | ANNIVERSARY | 1972 | 2012

Sweden & Martina Spa
via Veneto 10
35020 Due Carrare (PD)
Tel. 049 9124.300
Fax 049 9124.290

e-mail: info@sweden-martina.com
www.sweden-martina.com

KOMET ITALIA

Portastrumenti ergonomici per odontoiatria

La quantità di strumenti rotanti e oscillanti impiegati in uno studio odontoiatrico è in genere molto grande e le assistenti vogliono gestire la decontaminazione, la pulizia, la sterilizzazione, lo stoccaggio e il riordino in modo semplice ed ergonomico. KOMET propone al riguardo tutta una serie di **portastrumenti** per le più svariate operazioni, dalla profilassi, all'endodonzia, comprese anche le punte soniche.

Caratteristiche comuni: tutti i **portastrumenti** KOMET sono in acciaio inossidabile o in resine termostabili, per cui non si verificano fenomeni di opacizzazione o di erosione da contatto. L'aspetto brillante ed estetico rimane inalterato. Soprattutto non ci sono limiti durante le operazioni di decontaminazione.

La pulizia e la disinfezione degli strumenti può avvenire nel bagno normale o nel bagno a ultrasuoni (in posizione chiusa) o nel termo disinfettore (in posizione aperta). I **portastrumenti** sono inoltre adatti anche per la sterilizzazione in autoclave. KOMET ha fatto validare il protocollo di decontaminazione addirittura da un ente esterno. Alcuni **portastrumenti** sono forniti di guaine siliconiche di colore blu che servono a trattenere con sicurezza sia frese con gambo FG, sia frese con gambo da contrangolo. Anche quando il tray non è perfettamente orizzontale non c'è pericolo di fuoriuscita degli strumenti. Con i portastrumenti e il materiale informativo che KOMET mette a disposizione degli operatori per eseguire una corretta decontaminazione, non si può sbagliare!



Per informazioni:
KOMET Italia Srl
via Fabio Filzi 2
20124 Milano
Tel. 02 67076654
Fax 02 67479318

e-mail: kometitalia@komet.it
www.komet.it

Closed meeting SIE: Pullman Timi Ama Villasimius

CAGLIARI

21-24 giugno 2012



Tutti al mare!



Timi Ama – Villasimius.

Nelle giornate comprese fra il 21 ed il 24 giugno si è svolto nella splendida cornice dell'Hotel Pullman Timi Ama di Villasimius (CA) l'annuale "Closed Meeting" della SIE. L'evento ha visto l'affluenza di un totale di 76 partecipanti, fra soci attivi, ordinari ed ospiti, cui vanno aggiunti gli accompagnatori. Le giornate sono state caratterizzate da condizioni meteo fantastiche, come tradizionalmen-

te si addice alla Sardegna, che in giugno risulta favolosa per fioriture, profumi e colori. Il programma culturale ha visto il prestigioso intervento di un relatore internazionalmente conosciuto e molto apprezzato, il Dr. Jean Yves Cochet, parigino, che non si è smentito tenendo due mezze giornate di corso magistrali, incentrate sull'endodonzia chirurgica, sulla chirurgia complementare e sulla diagnosi 3D delle lesioni di origine endodontica dei mascellari tramite la ct e la cbct. I soci attivi hanno davvero apprezzato il materiale del relatore, eccellente per qualità iconografica, quantità della casistica proposta, peculiarità e tipologia dei casi clinici presentati, in particolare le grandi lesioni e le patologie sinusali di origine endodontica.

La seconda giornata di formazione ha visto poi anche l'intervento dell'Architetto Nicoletta Gandolfi, che ha relazionato circa gli aspetti relativi all'ambiente in cui abitualmente ope-



La squadra di calcetto del Sud.



La squadra di calcetto del Nord.



Il Dr Jean Yves Cochet durante il suo corso.



Il Presidente Eletto, Dr. Pio Bertani, il Presidente, Dr. Marco Martignoni e il Past President, prof. Giuseppe Cantatore, durante la cena di Gala.

riamo noi odontoiatri: lo studio dentistico. L'Architetto ha chiarito in modo molto semplice ed efficace come il comfort ambientale e il benessere del paziente debbano idealmente coincidere, in quanto capaci di influire in modo determinante sul comfort fisico ed emotivo migliorando la qualità dell'abitare e, quindi, del lavoro.

Attraverso un'esposizione molto fluente e comprensibile anche per i non addetti ai lavori, ha sottolineato l'importanza di de-ospedalizzare o umanizzare l'ambulatorio dentistico, al fine di ottenere per i pazienti un ambiente tranquillo nel quale possono idealmente rilassarsi sentendosi come a casa propria. Il programma "sociale" ha invece previsto il tradizionale cocktail di benvenuto il giovedì sera, che ha sancito l'apertura ufficiale del "Closed Meeting", lo svolgimento della partita di calcetto con la consueta sfida all'ultimo goal fra la squadra SIE nord e quella del sud

il venerdì e infine la cena di gala del sabato nella splendida cornice fronte-mare del ristorante "I Ginepri". Al termine il Maestro Luigi Lai ha tenuto un concerto per i presenti, dando magistrale prova dell'uso dei caratteristici strumenti sardi a fiato "launeddas". Al termine del concerto il Presidente SIE, Dr. Marco Martignoni, ha espresso insieme al Segretario Nazionale, Dr. Vittorio Franco, il proprio ringraziamento per la partecipazione ai presenti, evidenziando come le giornate si siano svolte in un mix di gradevolissimo relax marittimo e di appuntamenti caratteristici del "Closed Meeting", come le riunioni del Consiglio Direttivo, della Commissione Culturale e della CAS, dando a tutti appuntamento al prossimo Congresso Nazionale SIE che si svolgerà a Bologna presso il Palazzo della Cultura e dei Congressi in Novembre.

Resoconto a cura di Cristian Coraini

ISTRUZIONI AGLI AUTORI

SCOPO DELLA RIVISTA E PRINCIPI GENERALI

Il *Giornale Italiano di Endodonzia* è una pubblicazione quadrimestrale pubblicata esclusivamente in forma elettronica di proprietà della SIE Società Italiana di Endodonzia. Il Giornale pubblica lavori sperimentali e/o di metodologia clinica riguardanti la disciplina endodontica. Il Giornale accetta inoltre lavori originali di Conservativa, Traumatologia dentale, Fisiopatologia sperimentale, Farmacologia e Microbiologia, qualora contengano novità e informazioni di interesse per l'Endodonzia.

I manoscritti sono presi in considerazione per la pubblicazione con l'accordo che non contengano materiale precedentemente pubblicato, non siano stati già pubblicati altrove (se non in forma di abstract), e che non siano in revisione nello stesso momento anche su altre riviste.

La proprietà artistica e letteraria di quanto pubblicato è riservata alla Rivista con l'atto stesso della pubblicazione e ciò viene accettato implicitamente dagli autori. Tutti i diritti riservati. È vietato riprodurre, archiviare in un sistema di riproduzione o trasmettere sotto qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, per fotocopia, registrazione o altro, qualsiasi parte di questa pubblicazione senza l'autorizzazione scritta dell'Editore. È obbligatoria la citazione della fonte. Se il manoscritto sarà accettato per la pubblicazione su *Giornale Italiano di Endodonzia*, gli autori dovranno garantire che il lavoro non sarà pubblicato altrove in nessun'altra lingua senza il permesso del detentore del copyright.

Gli autori i cui manoscritti includono illustrazioni, tabelle, e/o parti di testo già pubblicate in altre riviste devono richiedere il permesso di riprodurre il materiale al detentore del copyright. Questo permesso deve essere presentato in forma scritta durante l'invio del manoscritto. In assenza di permessi, tutto il materiale ricevuto sarà considerato di proprietà dell'autore del lavoro. I manoscritti che riportano i risultati di ricerche condotte su persone devono includere, nella sezione "MATERIALI E METODI" una dichiara-

zione che il protocollo dello studio è stato approvato dal Comitato Etico di riferimento, che lo studio è stato realizzato in accordo con gli standard etici stabiliti nella *Dichiarazione di Helsinki* del 1964, e che il consenso informato è stato ottenuto da tutti i partecipanti prima del loro arruolamento nello studio.

Tutti i dettagli che potrebbero rivelare l'identità di un paziente (inclusi le iniziali del nome e riferimenti, non necessari, ai dati personali come l'occupazione e la residenza) devono essere omessi dal testo e dal materiale illustrativo. I pazienti devono, inoltre, fornire per iscritto il consenso informato alla pubblicazione.

Se sono stati condotti esperimenti su animali, le pratiche dello studio devono essere state condotte in accordo con le linee guida degli *International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals* raccomandati dalla *World Health Organization (WHO)* per l'uso di animali da laboratorio, e tale aderenza deve essere chiaramente esplicitata nel manoscritto.

Le decisioni riguardanti la pubblicazione dei manoscritti si basano su un processo di peer-review, e l'accettazione degli articoli sarà basata su criteri di originalità, rilevanza e contenuto scientifico dei contributi. Agli autori potrebbe essere richiesto di modificare il testo sulla base dei commenti dei referee. Le dichiarazioni riportate nei manoscritti sono sotto la responsabilità dell'autore e non dell'editore. Le opinioni espresse negli articoli sono quelle degli autori e possono non riflettere la posizione dell'editore.

Ogni autore deve compilare e firmare un modulo per la **Dichiarazione di conflitto di interesse**, che specifichi tutti i legami economici, personali o professionali che potrebbero porre in essere un conflitto di interesse, che potrebbero essere percepiti come forieri di un possibile conflitto di interesse, o che potrebbero influenzare il lavoro dell'autore descritto nel manoscritto. Il modulo deve essere inviato con il manoscritto e, se l'articolo sarà accettato per la pubblicazione, tutte le dichiarazioni appariranno dopo il capitolo "CONCLUSIONI" nella sezione "CONFLITTO DI INTERESSI". Lo staff editoriale si riserva il

diritto di rifiutare qualsiasi manoscritto che non sia conforme con le norme descritte. Gli autori saranno considerati responsabili di eventuali dichiarazioni false o del mancato adempimento delle norme sopra specificate.

Le dichiarazioni sopracitate devono essere inviate all'ufficio editoriale al seguente indirizzo E-mail: segreteria.sie@me.com

PRESENTAZIONE DELL'ARTICOLO

Lettera di presentazione (cover letter)

Ai fini della pubblicazione, gli autori devono sottoscrivere e firmare una lettera di presentazione (cover letter) in cui siano esplicitate le seguenti informazioni, riportate in una dichiarazione firmata dall'autore di riferimento:

- il manoscritto non è stato pubblicato né è oggetto di esame per la pubblicazione in altra rivista; l'autore ha ottenuto un permesso scritto per la riproduzione di immagini, figure o algoritmi protetti da diritti d'autore secondo le normative vigenti sul copyright; nel caso in cui l'articolo sia pubblicato, il diritto d'autore concernente il proprio articolo sarà trasferito alla Società Scientifica;
- esistono/non esistono conflitti di interesse di ordine economico o di altro tipo sull'articolo presentato (allegare anche il modulo sulla "Dichiarazione di conflitto di interesse" di cui sopra, adeguatamente compilato e firmato);
- il manoscritto è stato letto e approvato da tutti i coautori;
- in caso di articolo originale, è disponibile l'approvazione formale, da parte del Comitato Etico locale, della ricerca proposta per la pubblicazione.

Pagina del titolo

Si richiede di indicare in un file separato:

- titolo del lavoro in italiano e in inglese; non superiore a 45 battute, spazi inclusi e senza abbreviazioni
- nome e cognome per esteso degli autori;

- nome e indirizzo dell'Istituzione presso la quale il lavoro è stato svolto
- l'indirizzo postale completo per la corrispondenza con numero telefonico, fax e indirizzo e-mail;

PREPARAZIONE DEL MANOSCRITTO

Deve contenere nell'ordine:

- 1) Nel primo foglio del manoscritto dovrà essere indicato:
 - **titolo del lavoro** in italiano e inglese;
 - **nome degli autori:** nome per esteso e cognome di ciascun autore;
 - **affiliazione di ogni autore:** nome dell'Istituzione presso la quale il lavoro è stato svolto
 - **indirizzo dell'autore di riferimento per la revisione di bozza**, completo di indirizzo e-mail al quale saranno inviati i PDF delle bozze, numero di telefono, fax e indirizzo postale.
- 2) Nel secondo foglio del manoscritto dovranno essere riportati:
 - **Riassunto in italiano e inglese** (circa 850 battute di lunghezza per ciascuna versione in lingua, spazi inclusi) entrambi strutturati in: Obiettivi, Materiali e metodi, Risultati e Conclusioni.
 - **Parole chiave:** 5 parole chiave in italiano e in inglese.
- 3) Nei fogli che seguono il manoscritto dovrà essere sviluppato come segue:
 - **Introduzione:** riporterà una breve descrizione degli scopi, dia indicazioni riassuntive sul suo significato e sulla bibliografia di partenza e riporti gli obiettivi della ricerca proposta.
 - **Materiali e metodi:** andranno descritti chiaramente i soggetti sottoposti a osservazioni e, in maniera dettagliata, i materiali e le metodologie utilizzati; saranno esplicitati tutti gli aspetti etici (vedi sezione Principi Generali).

andranno identificati metodologie, impianti (nome e indirizzo del costruttore tra parentesi) e procedure con dettaglio sufficiente a permettere ad altri studiosi di riprodurre i risultati. Di tutti i farmaci andranno citati nome generico, dosaggio e vie di somministrazione. I nomi commerciali dei farmaci dovranno essere citati tra parentesi. Unità di misura, simboli, abbreviazioni dovranno essere conformi agli standard internazionali. È preferibile non utilizzare simboli e sigle poco comuni. In ogni caso essi saranno spiegati alla prima apparizione del testo. L'analisi statistica, laddove presente, andrà chiaramente descritta. Per i test statistici più comuni (per esempio, T-test) è sufficiente il nome; in caso di test meno comuni andrà fornita una descrizione più dettagliata.

- **Risultati:** riporteranno in maniera chiara ed esaustiva i risultati della ricerca. Potranno essere schematizzati con tabelle e/o grafici o rappresentati con figure e immagini radiografiche.
- **Discussione:** analizzerà i risultati ottenuti e la loro implicazione clinica con eventuale confronto con i dati della letteratura.
- **Conclusioni:** riporteranno la significatività dei risultati e le osservazioni finali degli autori.
- **Rilevanza clinica:** La rilevanza clinica, contenuta tra 30 e 50 parole, è la conclusione che giustifica la realizzazione dell'articolo dal punto di vista clinico.
- **Conflitto di interessi:** indicare in questa sezione se sussistono o meno conflitti di interesse di ordine economico o di altro tipo sull'articolo presentato.
- **Bibliografia:** le voci bibliografiche dovranno essere presentate in ordine cronologico rispetto alla loro citazione all'interno del testo e redatte secondo le norme internazionali di Vancouver che prevedono: **1)** per ogni voce bibliografica la citazione fino a un massimo di 6 autori, se superiori citare i primi 6 seguiti da et al.; **2)** l'uso delle abbreviazioni internazionali per la citazione delle riviste, senza punteggiatura. Di seguito alcuni esempi:

- *Lavori pubblicati su riviste:* Chung CH, Friedman DS, Mante FK. Shear

bond strength of rebonded mechanically retentive ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122:282-7.

- *Libri:* Graber M, Vanarsdall RL, Vig KWL. *Orthodontics: current principles and techniques*. St. Louis: Elsevier, 2005.

- *Capitoli di libri:* Armitage GC. *Diagnosis and classification of periodontal diseases*. In: Rose LF, Mealey BL, Genco RJ, Cohen DW (eds). *Periodontics: Medicine, Surgery and Implants*. St. Louis: Elsevier Mosby, 2004:pp. 19-31.

NOTA: Non redigere la bibliografia utilizzando caratteri maiuscoli, maiuscoletti o corsivi. Attenersi per le abbreviazioni delle testate alle norme internazionali dell'Index Medicus.

TABELLE

Ogni tabella deve essere presentata alla fine del manoscritto. Le tabelle dovranno essere classificate e richiamate nel manoscritto con numeri romani e corredate da una breve didascalia. Note o legende dovranno essere riportate al piede delle tabelle, mai nella didascalia. Non saranno accettate tabelle in formato Power Point, PDF o JPEG che implicano la ribattitura del testo al fine di garantire uniformità stilistica con la grafica della rivista.

FIGURE

Sono accettate solo figure fornite in formato elettronico. Le immagini dovranno essere **acquisite con risoluzione minima di 300 dpi e salvate in formato JPEG** (sono accettate anche immagini in formato EPS purché acquisite nella risoluzione minima di 600 dpi).

Per i **tratti** (flow-chart o disegni) è preferibile il formato TIFF, acquisito nella **risoluzione minima di 600 dpi**; è comunque accettato anche il formato JPEG nella risoluzione minima di 300 dpi. Disegni o immagini devono avere una base di almeno 10-12 cm e dovranno essere presentati in forma definitiva per la pubblicazione. L'editore non sarà tenuto al rifacimento grafico di disegni. Tutte le illustrazioni devono essere perfettamente a fuoco, in primo pia-

no e ben inquadrato. Lettere, numeri o simboli presenti sulle immagini dovranno avere dimensioni tali da poter risultare ancora leggibili una volta ridotti per la pubblicazione.

La qualità delle immagini è pregiudizievole ai fini dell'accettazione del lavoro. L'editore non sarà responsabile della qualità delle immagini qualora queste non siano conformi ai requisiti sopra menzionati. **L'editore, inoltre, si riserva il diritto di non pubblicare immagini non conformi ai requisiti richiesti, che potrebbero pregiudicare la qualità grafica della rivista.**

NOTA: Le immagini devono essere presentate separatamente e non inserite all'interno del testo in Word; non devono contenere nomi commerciali o voci bibliografiche.

Didascalie Le didascalie vanno fornite nel file in Word alla fine del testo del manoscritto.

ACRONIMI, SIGLE, ABBREVIAZIONI, UNITÀ DI MISURA

Non sono ammessi acronimi, sigle, abbreviazioni, unità di misura privi di legenda e/o incomprensibili. Quando necessario, può essere fornita una lista di abbreviazioni da inserire dopo l'abstract.

ACCETTAZIONE DEI LAVORI INVIATI

I contributi inviati sono accettati per la pubblicazione sulla base dell'interesse scientifico e della rilevanza per il *Giornale di Endodonzia*, a insindacabile giudizio del Direttore Scientifico, che si avvarrà della valutazione scritta in cieco di almeno due revisori anonimi.

CONSENSO INFORMATO

Negli articoli in cui sono descritti casi clinici o studi su persone dovrà essere esplicitato nel manoscritto che lo studio è stato realizzato in accordo con gli standard etici stabiliti nella *Dichiarazione di Helsinki*, e che il consenso informato è stato ottenuto da tutti i partecipanti prima del loro arruolamento nello studio (si

veda anche la relativa sezione nella parte dei Principi generali).

CONFLITTO DI INTERESSI

Gli autori sono tenuti a dichiarare nel manoscritto, dopo la sezione "CONCLUSIONI", se sussistono o meno conflitti di interesse economico da parte di uno o più autori.

RINGRAZIAMENTI

I "RINGRAZIAMENTI" a Istituti o persone, se presenti, dovranno essere inseriti dopo il capitolo "CONCLUSIONI".

FINANZIAMENTI ALLO STUDIO

Gli autori sono tenuti ad inserire nel manoscritto, dopo le "CONCLUSIONI" o i "RINGRAZIAMENTI", l'indicazione che lo studio presentato è stato sostenuto o meno da fonti di finanziamento.

CORREZIONE DELLE BOZZE

La correzione delle bozze è a cura dell'autore per gli aspetti di contenuto e dell'Editore per la parte tecnica. All'autore di riferimento, indicato nel manoscritto, verranno inviate le bozze per la correzione. Nella correzione delle bozze dovranno essere evitate correzioni che possano modificare l'impostazione grafica già definita o modifiche di contenuto che comporterebbero un nuovo processo di peer-review.

I manoscritti devono essere inviati all'**ufficio editoriale** solamente in formato elettronico attraverso il sistema editoriale elettronico del *Giornale Italiano di Endodonzia* collegandosi al sito:

<http://ees.elsevier.com/giando>

Indirizzo:

SIE

Società Italiana di Endodonzia

via P. Custodi 3

20136 Milano

Tel. 02 8376799

Fax 02 89424876

E-mail: editor.giornale@endodonzia.it