

## **Considerazioni biomeccaniche nel restauro dei denti trattati endodonticamente: revisione sistematica della letteratura – II parte. Valutazione del comportamento a fatica, interfacce e studi *in vivo*.**

Didier Dietschi DMD, PhD, PD<sup>1</sup>/Olivier Duc, DMD<sup>2</sup>/ Ivo Krejci, DMD, PD<sup>3</sup>/Avishai Sadan, DMD<sup>4</sup>

**Obiettivo:** Il restauro dei denti trattati endodonticamente è stata a lungo guidata da concetti empirici piuttosto che meccanici. La prima parte di questa revisione della letteratura ha presentato la conoscenza attuale in tema di modifiche della struttura e delle proprietà tissutali successive alla terapia endodontica, e il comportamento di denti restaurati quando sottoposti a tests meccanici monotoni o all'analisi agli elementi finiti. Lo scopo della seconda parte è rivedere le attuali conoscenze sulle interfacce dei denti non vitali restaurati ed il loro comportamento in studi clinicici e a fatica. **Metodologia della revisione:** Il processo base di ricerca ha previsto la revisione sistematica di articoli contenuti nel database PubMed/Medline, databili tra il 1990 ed il 2005, utilizzando parole chiave singole o combinate al fine di ottenere la lista più completa di references; una lettura dei riferimenti bibliografici delle references ha completato la revisione. **Informazione rilevante e conclusioni:** Denti non vitali restaurati con resina composita, o resina composita in combinazione con perni in fibra hanno mostrato una resistenza ai tests a fatica tale da rappresentare attualmente la miglior opzione di trattamento. A differenza di perni rigidi in metallo e/o in ceramica, quando il fallimento sopraggiunge con restauri in composito o ricostruzioni in composito con perno in fibra, l'insorgenza di difetti interfacciali o di fratture irrecuperabili del dente risulta meno probabile. L'adesione nella radice, ad ogni modo, rappresenta ancora una sfida, a causa della sfavorevole configurazione ovoidale del canale e della critica microstruttura dentinale nelle porzioni più profonde del canale. Quindi, sono raccomandate specifiche combinazioni di adesivi e cementi. Le performance cliniche di ricostruzioni post and core si sono dimostrate nel complesso soddisfacenti, in particolare con un approccio restaurativo contemporaneo che utilizzi resine composite e perni in fibra. Comunque, la letteratura clinica definisce o identifica parametri critici per il successo. Ciò d'altro canto, enfatizza l'importanza e la significatività di studi *in vitro* nell'intento di migliorare ulteriormente la qualità e la stabilità a lungo termine delle soluzioni riabilitative protesiche. (Quintessence Int 2008;39:117-129)

**Parole chiave:** *clinical studies, fatigue, nonvital teeth, posts and core, root adhesion.*

Il restauro dei denti trattati endodonticamente è stato a lungo un argomento controverso, spesso inteso e gestito empiricamente e basato su ipotesi piuttosto che su *evidence* scientifica. La prima parte di questa revisione della letteratura ha presentato le attuali conoscenze in tema di modifiche della struttura dei tessuti e delle proprietà biomeccaniche determinate dal trattamento endodontico e comportamento di denti restaurati in *tests* meccanici monotoni e nell'analisi agli elementi finiti.

La perdita della vitalità dentale non si accompagna a cambiamenti significativi dell'umidità del dente o della struttura collagenica,<sup>1-3</sup> mentre il trattamento endodontico, ed in particolare, l'uso di irriganti quali ipoclorito di sodio e chelanti, riducono la durezza della dentina.<sup>4-9</sup> Sono riportate in letteratura solo minime differenze tra dentina vitale e non vitale in termini di durezza e microdurezza;<sup>10,11</sup> più ampie differenze, possono comunque esistere, ma devono essere attribuite alla localizzazione radicolare (verticalmente o trasversalmente)<sup>12-14</sup> ed alla microstruttura dentinale (peritubulare o intertubulare).<sup>15,16</sup>

I cambiamenti più significativi nella biomeccanica del dente sono ascrivibili alla perdita di tessuto dentale ai livelli

radicolare<sup>17,18</sup> e coronale<sup>18-21</sup>, di qui l'importanza di un approccio altamente conservativo durante le procedure operative endodontiche e ricostruttive. L'importanza del tessuto cervicale residuo, conosciuto come effetto ferula, è altrettanto ben documentato.<sup>22,23</sup> L'approccio restaurativo può anche influenzare la stabilità dei denti non vitali; un restauro a ricopertura oclusale completa,<sup>24,25</sup> con tecniche non adesive, è stata suggerito per proteggere la struttura dentaria residua. In generale, l'utilizzo di resine composite in associazione con perni in fibra meno rigidi risulterebbe la tecnica più efficace nel restauro di denti non vitali severamente compromessi dalla carie, pur considerando le ancora perfettibili procedure adesive;<sup>26-28</sup> tale opzione restaurativa si è dimostrata in grado di assicurare un migliore effetto protettivo contro il rischio di fratture radicolari.

Durante una simulazione con interfacce perfettamente coesive (analisi agli elementi finiti), i perni rigidi hanno rivelato potenzialità nel diminuire gli stress a livello dell'area critica cervicale.<sup>29</sup> In generale, i perni rigidi in ceramica o in metallo tendono a distribuire gli stress internamente, o a trasferirli più apicalmente (determinando forse fallimenti più disastrosi), mentre perni in fibra meno rigidi in associazione a resine composite tendono a concentrare gli stress lungo l'interfaccia adesiva, ma anche a distribuirli più uniformemente lungo il dente nella sua interezza ed i tessuti circostanti.<sup>26,30</sup>

Le informazioni e le conclusioni su menzionate non sono complete, comunque, in quanto non tengono in considerazione altre specifiche sollecitazioni del cavo orale, in particolare, forze cicliche (conosciute come fatica), che probabilmente sono responsabili della maggior parte dei fallimenti clinici.<sup>31,32</sup>

L'obiettivo di questa II parte della revisione è porre l'attenzione sui comportamenti biomeccanici dei denti trattati endodonticamente in seguito a *tests* a fatica e la successiva influenza delle numerose interfacce del restauro coinvolte. Quindi, una revisione dei più significativi studi clinici disponibili dovrebbe riuscire nel definire il comportamento di denti non vitali restaurati, ed eventualmente, il tipo di soluzione riabilitativa più stabile a lungo termine. Sulla base delle conclusioni disponibili di studi *in vivo* ed *in vitro* valutati nelle parti I e II di questa revisione, saranno presentate raccomandazioni cliniche per il restauro dei denti trattati endodonticamente.

## METODOLOGIA DELLA REVISIONE

La strategia della ricerca ha contemplato una revisione del *database PubMed/Medline* per riviste odontoiatriche con l'utilizzo delle seguenti parole/frasi chiave primarie: *nonvital tooth/teeth, endodontically treated tooth/teeth, posts and cores, foundation restoration, endocrowns, e radicular dentin*. Queste parole chiave basilari sono state utilizzate da sole o in associazione con parole chiave secondarie quali *clinical study, clinical trial, finite element analysis, literature review, resistance to fracture, adhesion, cyclic loading, e fatigue*. La revisione sistematica ha incluso articoli tra il 1990 ed il 2005. Una lettura dei riferimenti bibliografici di riviste rilevanti ha completato la revisione. Alcune *references* essenziali e più vecchie sono state estratte dal *database* della letteratura degli autori e volutamente incluse in questa revisione. Gli studi sono stati classificati ed analizzati in accordo a parametri o ipotesi indagati:

- Composizione fisicochimica dei tessuti
- Durezza e microdurezza dei tessuti
- Resistenza alla frattura successiva alla preparazione e restauro, resistenza alla dislocazione del *post and core* (tests meccanici)

- Simulazione dello stress utilizzando fotoelasticità, analisi agli elementi finiti, o dispositivi per affaticamento in grado di riprodurre forze masticatorie ed altre sollecitazioni intraorali
- Valutazione dell'adattamento del restauro e delle interfacce, includendo test per la forza di adesione
- Studi clinici

La letteratura attinente ai primi tre parametri, alla fotoelasticità e all'analisi agli elementi finiti è stata sintetizzata nella parte I di questa revisione.

## VALUTAZIONE A FATICA DI DENTI NON VITALI RESTAURATI

Gli studi a fatica simulano l'effetto di ripetuti cicli meccanici e termici, così come l'influenza di un ambiente umido come quello orale.<sup>34,35</sup> In caso di simulazione di dente vitale, anche l'effetto della pressione pulpale può essere riprodotta.<sup>36,37</sup> Questo è lo strumento *in vitro* più sofisticato nella riproduzione della realtà clinica. Il suo principale vantaggio rispetto agli studi clinici è la riduzione del numero di variabili non controllate. Inoltre, permette di testare campioni con proprietà biomeccaniche ben definite. I primi dispositivi specificamente sviluppati per riprodurre le sollecitazioni masticatorie e il termociclaggio, ed anche alcuni fenomeni chimici e abrasivi, sono stati utilizzati per valutare il comportamento di restauri di II classe.<sup>34-38</sup> Uno studio che ha indagato la resistenza alla frattura di denti restaurati con perni-moncone e corone a ricopertura completa dopo cicli meccanici e termici ha evidenziato una *performance* migliore per perni-moncone in resina composita rinforzata con fibre.<sup>39</sup> Dietschi et al.<sup>40</sup> hanno evidenziato che monconi in resina composita con perni in metallo, fibra o ceramica esibiscono variabili proporzioni di difetti all'interfaccia in seguito a carico ciclico con forze fisiologiche; perni più rigidi in ceramica e metallo hanno mostrato la più alta proporzione di *gaps* all'interfaccia dentina-perno o dentina-*core*. Manocci et al.<sup>41</sup> hanno inoltre testato perni in fibra e ossido di zirconio in combinazione con *cores* in resina composita e corone in Empress (Ivoclar Vivadent) e valutato il loro comportamento a fatica, con forze superiori (non fisiologiche). Essi hanno concluso affermando che l'uso di perni rigidi, come quelli in ossido di zirconio si associa ad un più alto tasso di fallimento, principalmente nella forma di fratture radicolari clinicamente non trattabili.

Il posizionamento di un perno in un incisivo non vitale con 2 restauri interprossimali non assicura una maggiore resistenza alla frattura<sup>42</sup>; è stato riportato infatti un numero più basso di fallimenti catastrofici (clinicamente trattabili) in denti restaurati senza l'utilizzo di perni. Allo stesso modo, sembra che l'aumentata fragilità del dente, generata dalla preparazione del canale, prima dell'inserimento del perno non venga completamente compensata dalla resina composita per cementazione.

In un altro studio a fatica, condotto su incisivi centrali mascellari restaurati, è stato registrato un tasso di sopravvivenza del 100% per denti con cavità d'accesso otturate solo con resina composita. Al contrario, percentuali di fallimento dal 10% al 40% sono state registrate per denti restaurati con perni sperimentali in resina composita e *cores* ceramici, perni-moncone monoblocco in ossido di zirconio o perni-moncone fusi in oro.<sup>43</sup> L'utilizzo di perni in titanio cementati con fosfato di zinco ha prodotto un grado d'infiltrazione maggiore in seguito ad affaticamento rispetto a perni in fibra o ceramici cementati adesivamente in combinazione con *cores* in resina composita.<sup>44</sup>

*Cores* pressofusi ricoperti da corone con differente altezza della ferula sono stati testati con carico ciclico fino al fallimento; i risultati hanno evidenziato fallimenti più precoci per altezze della ferula di 0,5-1 mm rispetto a valori di

1,5-2 mm.<sup>45</sup>

La maggior parte degli studi sopra menzionati ha evidenziato quanto le diverse interfacce dei restauri *post and core* siano imperfette da un punto di vista qualitativo. Alcune imperfezioni sono particolarmente evidenti all'interfaccia adesiva orientata verso la dentina radicolare. La conservazione di tessuto, così come l'utilizzo di materiali con proprietà fisiche che incontrino strettamente quelle dei tessuti naturali, sembra essere la scelta più adatta.<sup>46</sup> Allo stesso modo, il posizionamento di un perno non dovrebbe essere considerata una soluzione obbligata per i denti trattati endodonticamente.

## ADATTAMENTO DEL RESTUARIO E QUALITÀ DELLE INTERFACCE

### **Micromorfologia dell'interfaccia adesiva**

Una zona di interdiffusione resina-dentina ben strutturata è stata osservata all'interfaccia con la dentina radicolare sia con adesivi *self-etching* sia *total-etching*; comunque, lo strato ibrido è risultato più uniforme con un sistema adesivo *total-etch*.<sup>41</sup> Ferrari et al<sup>47</sup> hanno valutato le caratteristiche strutturali delle interfacce resina-dentina radicolare, concludendo che lo spessore dello strato ibrido e la densità degli zaffi di resina diminuisce dal terzo coronale verso il terzo apicale della radice. Il microscopio elettronico a scansione (SEM) e il confocale hanno dimostrato *in vivo* che la penetrazione di adesivi nella dentina radicolare risulta essere completa nel terzo apicale solo in un terzo dei denti estratti, e nei terzi medio e coronale solo nei due terzi dei campioni. Gli stessi autori hanno valutato la micromorfologia di interfacce adesive con 'fallite' ed hanno evidenziato come il fallimento si verifichi sempre tra lo stratoibrido e la resina adesiva o tra la resina adesiva e il cemento composito in resina, con più alte proporzioni di difetti all'interfaccia con lo strato ibrido dopo lunghi periodi di impegno clinico. Tali risultati dimostrano la limitata stabilità dell'interfaccia strato ibrido. La limitata penetrazione dell'adesivo nel terzo apicale della radice è probabilmente correlata al ridotto numero di tubuli dentinali nell'area radicolare più apicale specie dei denti meno giovani.<sup>49,50</sup> La ridotta forza di adesione microtensile di alcuni cementi resinosi osservata nella porzione apicale della radice conferma tali risultati.<sup>51</sup> Un altro studio *in vitro*, ha confermato al SEM<sup>46</sup> ed al microscopio confocale, una maggiore probabilità d'insorgenza del *debonding* nella parte alta dello strato ibrido. E' stato inoltre evidenziato come l'interfaccia adesiva dimostri una struttura ben organizzata con strato ibrido e formazione di zaffi di resina laddove la qualità dell'adesione è buona, di contro ad un'interfaccia scarsamente strutturata visibile in molte aree di *debonding*.<sup>46</sup>

### **Forza di adesione e interfaccia adesiva con il pavimento della camera pulpare e la dentina radicolare**

L'adesione al pavimento della camera pulpare, misurata con un *microtensile bond strength* test si è dimostrata inferiore all'adesione della dentina coronale sia con un sistema *prime-and-bond* (15.6 versus 29.9 MPa) sia con un sistema *2-step self-etch adhesive* (22.5 versus 36.0 MPa).<sup>52</sup> Lopes et al<sup>53</sup> hanno anche evidenziato come l'adesione risulti più affidabile sulla dentina della camera pulpare piuttosto che sulla dentina del canale radicolare. Questi risultati potrebbero essere giustificati dalla differenza della struttura cross-linking del collagene in diverse localizzazioni della dentina<sup>54</sup>. Comparazioni tra i valori della forza di adesione al *microtensile*, registrati per differenti sistemi di cementazione su campioni di dentina radicolare piana (*C-factor* favorevole) o campioni di canali ovoidali (*C-factor* sfavorevole) hanno confermato l'influenza della configurazione del substrato (*C-factor*) e dei sistemi per cementazione adesiva<sup>51</sup>; la forza

adesiva è risultata ridotta in un canale intero con cementi *dual-cured*, mentre è rimasta imm modificata con un cemento a polimerizzazione chimica, probabilmente in virtù di un processo di polimerizzazione più lento. In aggiunta, una riduzione della forza di adesione è stata osservata con l'aumentare della profondità nel canale, con 2 dei cementi testati. In un altro studio, il tipo di polimerizzazione dei cementi resinosi compositi (*dual* o *self-cure*) si è rivelato in grado di influenzare la forza adesiva di diversi sistemi adesivi alla dentina radicolare; i valori più alti sono stati praticamente ottenuti con tutti gli adesivi testati quando usati con un cemento in modalità *dual-cure*.<sup>52</sup> La tecnica *total-etch* si è inoltre dimostrata in grado di assicurare valori più alti di forza adesiva rispetto ad un approccio *self-etching*.<sup>53</sup> Infatti, è stato dimostrato che *self-etching primers* non dovrebbero essere combinati con cementi *chemical-* o *dual-cured*, a causa di residui componenti acidi del primer<sup>56-59</sup>; sebbene tali *tests* siano stati eseguiti su dentina coronale vitale, alcuni risultati possono anche essere rilevanti per la cementazione di perni in dentina radicolare. Irriganti endodontici quali cloroformio, alotano, perossido di idrogeno e ipoclorito di sodio (NaOCl) riducono la forza di adesione alla dentina, mentre la clorexidina non inficia l'adesione.<sup>60,61</sup> Ad ogni modo, in accordo con Varela et al,<sup>62</sup> l'influenza sulla forza di adesione alla dentina del trattamento con ipoclorito di sodio potrebbe variare in funzione dell'adesivo utilizzato. Inoltre, è provata l'influenza dell'utilizzo di NaOCl sulla morfologia dei *resin tags*; in condizioni di trattamento gli zaffi di resina appaiono con forma cilindrica e compatta invece che con uno sviluppo cavo e conico.<sup>62</sup> I valori di adesione determinati con un test al *push-out* sono risultati dipendenti dal tipo di perno e dal livello della radice considerato, mentre non hanno mostrato alcuna influenza il tipo di *sealer* o l'agente adesivo. Effettivamente, i valori della forza di adesione sono risultati superiori al livello coronale e con perni in fibra, rispetto a livelli radicolari più apicali. Inoltre, i perni in fibra hanno fatto registrare migliori risultati per forza di adesione rispetto a perni ceramici. Quando è stata testata la forza tensile richiesta per dislocare un perno in fibra traslucida cementato con un sistema per cementazione adesiva *light-curing* o con un sistema *dual-curing*, il sistema *light-curing* ha generato valori di forza di adesione leggermente inferiori, ma ha assicurato un migliore adattamento rispetto al sistema *dual-curing*.<sup>64</sup> Quando comparati in un test al *push-out*, la forza di adesione alla dentina radicolare di un perno in fibra, cementato sia con un cemento composito (non riempito o a basso contenuto di riempitivo) sia con una resina composita per restauri conservativi, i valori più alti sono stati registrati con la resina composita per restauri.<sup>65</sup> Comunque, Goracci et al<sup>66</sup> hanno evidenziato come i *tests* al *push out* utilizzati nella valutazione dell'adesione di perni in fibra alla dentina siano più operatore-dipendente rispetto a *microtensile bond strength tests*.

### **Forza di adesione e interfaccia tra perni e cementi/resina composita del core**

Considerando un test al *pull-out*, perni in fibra di carbonio cementati adesivamente hanno fatto registrare valori di forza di adesione pari a 25 MPa tra perno e cemento composito.<sup>67</sup> Una analisi agli elementi finiti della stessa configurazione di studio ha anche mostrato che gli *stresses* si accumulano all'interfaccia perno-cemento e nella massa stessa del cemento, riducendo gli *stresses* nella dentina radicolare in virtù dell'utilizzo di un perno con basso modulo di elasticità.<sup>67</sup> Boschian Pest et al<sup>65</sup> hanno registrato valori di adesione simili tra perni in fibra e cemento per materiali non riempiti, poco riempiti (cementazione), altamente riempiti (restaurativi) in seguito ad un test *push-out*. In un test *pull-out*, il sabbiare per creare micro-ritenzioni ha ridotto la forza di adesione tra perni in carbonio e resine composite per cementazione a causa di particelle di allumina interferenti nel contatto con le fibre di carbonio.<sup>68</sup> Quintas et al<sup>69</sup> non hanno rilevato differenze nella forza di adesione tensile tra *core* in resina composita e perni in fibra di carbonio sabbati o dentellati (o *seghettati*). L'uso di perni dentellati sembra essere un approccio più affidabile per incrementare la stabilità del perno nel canale. Quando è stata valutata l'interfaccia tra *cores* in resina composita e perni in fibra lisci o

perni seghettati in acciaio inossidabile, valori più alti di forza tensile sono stati ottenuti con i perni metallici, in virtù dell'influenza primaria della ritenzione macromeccanica.<sup>70</sup> Per l'adesione tra perni in ossido di zirconio parzialmente stabilizzato e *core materials* quali ceramica vetrosa pressata, o resina composita, l'uso di una silicatizzazione tribochimica ha prodotto la migliore ritenzione.<sup>71</sup>

## STUDI CLINICI

La revisione della letteratura clinica piuttosto abbondante sul tema della *performance* a lungo termine dei restauri protesici, conferma la diversità di tecniche restaurative e materiali impiegati in monconi vitali e non vitali, e l'assenza di un *consensus* o di una standardizzazione dei parametri di valutazione per i restauri protesici.<sup>72,73</sup> Quando è stato valutato in comparazione il comportamento clinico a lungo termine di denti vitali e non vitali (da 18 a 23 anni), Palmqvist e Schwartz<sup>74</sup>, hanno suggerito un più alto rischio di frattura associato ai denti trattati endodonticamente. Al contrario, Valderhaug et al non hanno rilevato differenza alcuna nel tasso di sopravvivenza di monconi vitali e non vitali con *follow ups* dai 5 ai 25 anni, il che dimostra l'inconcludenza di molti studi clinici.<sup>75</sup> Con *follow up* tra i 9 e gli 11 anni per 400 denti non vitali restaurati utilizzando diverse tecniche restaurative adesive e non adesive, Aquilino e Caplan<sup>76</sup> hanno registrato un tasso di fallimento 6 volte più alto per denti in assenza di restauri protesici rispetto a denti con ricopertura coronale. In uno studio simile con un protocollo di valutazione molto più rigoroso, Manocci et al<sup>77</sup> non hanno registrato differenze nel tasso di fallimento a tre anni di 117 premolari non vitali restaurati con o senza corone in metallo-ceramica a ricopertura coronale completa; tale conclusione contrastante potrebbe essere attribuita al rigoroso utilizzo di tecniche adesive, ma anche al limitato periodo di valutazione. Denti anteriori restaurati con perni moncone fusi valutati per un periodo di 10 anni hanno prodotto un tasso di sopravvivenza dell' 82%; nel gruppo fallimento, una nuova cementazione o una nuova ricostruzione sono state necessarie nel 46% e nel 32% dei casi rispettivamente.<sup>78</sup> In un altro studio con *follow up* a 10 anni, con un numero limitato di casi (50 restauri valutati), solo 1 fallimento è stato registrato tra i 3 sistemi *post and core* in oro, mentre 2 fallimenti sono stati registrati nel gruppo dei perni metallici prefabbricati con *cores* in resina composita, risultando in un tasso di fallimento totale del 6%.<sup>79</sup> Gli autori hanno concluso che i perni moncone fusi sono appropriati per la ricostruzione a lungo termine di denti non vitali. Mentink et al<sup>80</sup> hanno valutato 112 ricostruzioni di monconi, insieme di *cores* in resina composita e perni metallici prefabbricati per un periodo medio di osservazione di 7.9 anni registrando un tasso di fallimento del 12.5%, con quasi la metà dei denti da estrarre; il perno *Dentatus* ha mostrato in questo caso aumentare il rischio di frattura della radice. In un altro studio clinico, che ha comparato il comportamento clinico a 4 e 5 anni di 788 denti non vitali restaurati con differenti tipi di perno e moncone, i perni metallici dentellati paralleli con *cores* in resina composita hanno mostrato un tasso di fallimento (8%) più basso rispetto a perni moncone fusi in oro (15%)<sup>81</sup>; la decementazione è risultata la causa più comune di fallimento. Il comportamento clinico di 286 denti con radici otturate endodonticamente e ricostruiti con 2 differenti perni moncone metallici prefabbricati è stato osservato su un periodo medio di 2.3 anni o 3.9 anni; 18 restauri esaminati sono falliti (6,3%) al termine del periodo di valutazione e hanno richiesto l'estrazione.<sup>8</sup> La percentuale di fallimento è risultata correlata alla posizione del perno, alla lunghezza della otturazione endodontica ed al periodo di inserzione. Effettivamente, un posizionamento eccentrico del perno o un posizionamento ad una lunghezza intra-radicolare inferiore dell'altezza della corona si sono tradotti in più alte percentuali di fallimento. Un'indagine su 236 denti restaurati con perni adesivi in fibra di carbonio (Composipost, RTD) al di sotto di corone a ricopertura completa in metallo ceramica o ceramica integrale (90% dei casi osservati) o di restauri in resina composita a ricopertura parziale, ha evidenziato la completa assenza di fallimenti in un periodo medio di osservazione di 32 mesi.<sup>83</sup> Gli autori hanno

concluso che questa nuova opzione restaurativa può rappresentare una interessante alternativa a perni moncone convenzionali in metallo-resina composita o fusi in oro. Ferrari et al<sup>84</sup> hanno controllato 1304 restauri protesici eseguiti in denti non vitali, precedentemente ricostruiti con differenti *posts and cores* adesivi (perni in fibre di carbonio e quarzo) per un periodo da 1 a 6 anni, rilevando un tasso di fallimento globale del 3.2%, e considerando tale *performance* molto soddisfacente. Quando il comportamento clinico a 4 anni di perni moncone fusi e di perni e moncone in resina composita rinforzati con fibre è stato valutato in comparazione, un successo clinico del 95% è stato registrato con un approccio adesivo contro il solo 84% associato a restauri in metallo<sup>85</sup>; fratture radicolari e dislocazioni della corona sono state osservate solo nel gruppo perno moncone fuso. Comunque, il rispettivo ruolo di differenti fattori influenzanti come la conservazione dei tessuti, l'adesione, e le proprietà dei materiali nello spiegare la buona *performance* delle opzioni adesive non può essere accertato. In un *trial* clinico con *follow up* a 30 mesi per 180 denti trattati endodonticamente restaurati adesivamente con perni in fibra di quarzo e corone in ceramica a ricopertura totale, Malferrari et al<sup>86</sup> hanno riportato solo 3 fallimenti (1.7%) dovuti alla decementazione del *post and core build up* durante la rimozione della corona provvisoria; questi denti, potrebbero comunque, essere ritrattati in modo conservativo; non sono stati riportati casi di frattura radicolare o del *post and core*, o di decementazione della corona nel successivo periodo di osservazione di 30 mesi. Le *Endocrowns* rappresentano una alternativa interessante e conservativa alle corone a ricopertura coronale completa; in un periodo di *follow up* da 14 a 35.5 mesi per 19 *endocrowns* Cerec (Sirona) è stato registrato un solo caso di fallimento. Diversamente dall'apparente conclusività degli studi sopra menzionati, una valutazione panoramica comprensiva dei tassi di sopravvivenza per denti non vitali, con periodi di osservazione da 1 a 11 anni e comparazioni tra tipi o localizzazioni del restauro non ha prodotto un *trend* chiaro. Infatti, le percentuali di fallimento annue per ogni tecnica restaurativa considerata cadono all'interno dello stesso *range* (0.5% a 3%). Ad ogni modo, è altamente illogico credere che tecniche e materiali così differenti possano produrre un comportamento clinico simile. Considerando le variabili inerenti agli studi clinici, come la selezione del paziente, la dimensione del gruppo, l'esperienza e il numero degli operatori, si potrebbe supporre che alcune variabili possano livellare l'influenza delle tecniche e dei materiali restaurativi, quando il numero di restauri osservato è ampio o quando vengono combinati i risultati di diversi studi clinici. Nel tentativo di analizzare il comportamento di restauri *post-and-core*, Creugers et al<sup>72</sup> hanno selezionato 16 studi in possesso di dati di durabilità. Ma solo 3 di questi sono stati inclusi, in virtù dei criteri di esclusione applicati. Con lo stesso obiettivo di presentare un'analisi della sopravvivenza registrata in studi *in vivo* su *posts and cores*, Heydecke e Peters<sup>73</sup> hanno concluso che *trials* clinici randomizzati su questo argomento non sono disponibili, e posto l'attenzione sulla debolezza dei protocolli di molti *trials* clinici e sulla mancanza di un metodo di valutazione standardizzato. Effettivamente, l'efficacia di valutazioni cliniche in questo particolare campo potrebbe essere sensibilmente migliorata da un protocollo di selezione del caso, in grado di definire l'integrità strutturale del dente da restaurare ed i parametri biomeccanici del restauro (ie, localizzazione del dente, *patterns* occlusali e tipo di riabilitazione); questo è particolarmente importante in quanto diventa quasi impossibile analizzare tali parametri in seguito al posizionamento del restauro protesico. Quindi, un importante impegno andrebbe profuso nel pianificare *trials* clinici longitudinali, preferibilmente nella forma di studi multicentrici, piuttosto che utilizzare i dati ottenuti dal regolare mantenimento o da appuntamenti di richiamo (studi retrospettivi), dati che spesso non forniscono l'informazione importante dello stato biomeccanico del dente pre-trattamento; un specifico indice di valutazione andrebbe inoltre creato a tal fine. Attualmente c'è una chiara mancanza di *reports* in questo campo di livello alto nella gerarchia dell'evidenza.<sup>88-90</sup> Inoltre i clinici dovrebbero integrare nell'equazione alcuni elementi clinici essenziali non valutabili *in vitro* e persino raramente presi in considerazione (variabili non controllate) in *trials* clinici su denti trattati endodonticamente; elementi specifici per ciascun paziente sono il rischio di carie, le determinanti occlusali (guida

canina o di gruppo, tipo di occlusione, *overjet* e *overbite*), e la presenza o assenza di parafunzioni. Essi consentirebbero una determinazione molto più precisa del potenziale biomeccanico o del rischio correlato al restauro previsto.

## CONCLUSIONI

In virtù di un controllo più preciso dei parametri biomeccanici e l'assenza di variabili non controllate inerenti i *trials* clinici, gli studi a fatica possono essere considerati la fonte più pertinente di informazione per valutazioni comparative di tecniche e materiali utilizzati nel restauro dei denti trattati endodonticamente. Gli studi a fatica hanno chiaramente dimostrato l'importanza della preservazione di tessuto e della presenza di un effetto ferula nell'ottimizzare il comportamento biomeccanico del dente; quindi, quando è presente abbastanza tessuto, un perno non è necessario. In futuro, con una più meticolosa applicazione delle tecniche di restauro e delle contemporanee preparazioni conservative, il posizionamento di un perno potrebbe rappresentare l'eccezione piuttosto che la regola. Tuttavia, quando un perno è necessario per incrementare la stabilità del restauro, i perni in fibra e resina con proprietà fisiche prossime alla dentina naturale, cementati adesivamente, sembrano rappresentare la miglior soluzione. L'adesione alla dentina radicolare resta una sfida clinica a causa dell'influenza negativa degli irriganti endodontici e dei disinfettanti e dello sfavorevole fattore C di configurazione cavitaria del canale. Dunque, allo scopo di stabilire la migliore adesione possibile all'interno del canale, solo specifiche combinazioni di adesivi dentinali e cementi si sono dimostrate efficienti; ad oggi, gli adesivi *total-etch* in combinazione con un cemento *dual-curing* sembrano rappresentare la miglior scelta. In virtù della buona adesione ai tessuti coronali di contro ad una ridotta adesione nelle zone più profonde del canale, i perni cementati adesivamente non necessitano di essere inseriti tanto profondamente quanto previsto per i perni convenzionalmente cementati. In generale, la ritenzione micromeccanica o il *silicoating*, rispettivamente, si sono dimostrati utili per perni in fibra e metallici o perni ceramici, solo nello stabilizzare l'interfaccia con la resina composita. Gli studi clinici, che praticamente non forniscono mai l'informazione necessaria sullo *status* biomeccanico iniziale del dente, non aderendo peraltro a protocolli di ricerca rigorosi, hanno fallito nel produrre informazioni significative in merito all'indicazione relativa e alla *performance* di numerosi materiali e tecniche utilizzate nel restauro dei denti trattati endodonticamente. Complessivamente, comunque, i tassi annuali di fallimento per *posts and cores* convenzionali e, in particolare, per strutture contemporanee adesive in resina composita e fibre cadono in *ranges* tra accettabili e soddisfacenti su periodi relativamente lunghi di osservazione, con una chiara influenza di variabili cliniche non controllate. Nonostante il fatto che una ampia disponibilità di *evidence* ancora manchi, può essere affermato che il restauro di denti non vitali si è evoluto da un approccio completamente empirico verso concetti biomeccanicamente guidati, con la conservazione di tessuto e l'adesione in prima linea nell'incrementare il successo a lungo termine.