

Aviad Tamse, D.M.D.

Associate Professor and Coordinator
Department of Endodontology,
The Maurice and Gabriela Goldschleger School
of Dental Medicine
Tel Aviv University - Israel

Correspondence:
Tel Aviv University - Aviad Tamse - Professor
Department of Endodontology - Ramat Aviv
69978 Tel Aviv, Israel
Tel. 03/6417217 - 6409112

Etiology, Diagnosis and Radiographic Features of Vertical Root Fractures

ABSTRACT

Vertical root fractures in endodontically treated teeth result from excessive force during gutta-percha condensation and pressure created by the post on the canal walls. Predisposing factors for vertical root fractures are condition of the crown, previously undetected cracks, weakening of the root structure by hand or rotary instruments, type of extracoronary restoration and occlusal forces. Clinical and radiographic features are usually detected at a late stage. Clinical examination may reveal osseous defects, mild pain or discomfort, and occasionally periodontal abscess, sinus tract and tooth mobility. The radiographic examination usually shows a widening of the periodontal ligament along the side of the root, sometimes reaching the apical end and occasionally both sides of the root. The distinction of vertical root fractures from pure endodontic or periodontal problems is difficult and, in some cases can be achieved only after surgical exploration of the area. Furthermore, there is usually some delay in establishing the final diagnosis and a tendency to postpone treatment, since when the final diagnosis is made, extraction of the involved root is inevitable.

Key words: Vertical root fractures. Endodontically treated teeth.

A vertical root fracture (VRF) is a longitudinally or diagonally oriented fracture of the root (sometimes with part of the crown) (Fig. 1), that originates in the crown and at the root (1). A "complete" VRF extends from one external surface to the other and includes a portion of the root canal space. In a study conducted on extracted teeth due to VRF (2), 90% of the fractures were "complete" - extending from one peripheral surface to the other and from the coronal part to the apex. Only a small percentage of fractures are "incomplete" and limited to one side and do not cross the root canal. VRF are often difficult to diagnose and manage, and involve various clinical disciplines, such as pain diagnosis, periodontal di-

sease, endodontic therapy, surgery and prosthetic aspects. The purpose of the present article is to discuss and summarize the etiology, clinical signs and symptoms, and radiographic features of vertical root fractures in endodontically treated teeth.

Vertical fractures occur more in roots in which their mesiodistal diameter is small, such as the maxillary and mandibular premolars (3), mesiobuccal root of the maxillary molars and the mesial root of the mandibular molars; thinner roots, such as mandibular incisors probably fracture at smaller spreader loads during condensation than thicker roots (4). Recently (5), special attention was given to these roots in regard to post and core design. VRF occur more in patients 40-50 years old in which these teeth were treated with root canal therapy and certain intracanal restorations. In a follow-up study of 460 teeth with root canal treatment, 73% of VRF were found (6).

ETIOLOGY

Vertical root fractures can occur as an effect of traumatic occlusion, such as bruxism or clenching teeth, or from an iatrogenic origin (the most common cause) (7). Vertical fracture of the iatrogenic type occurs as a result of:

- 1. Conservative restorations** in vital teeth with amalgam fillings, pins, full crowns, inlays, etc. The reported cases of VRF in teeth with vital pulp are sporadic.
- 2. Root canal therapy.** Endodontically treated teeth are usually weak as a result of loss of tooth material due to caries, access cavities and canal preparation. In dog teeth, fractures increase due to moisture loss (approximately 9%) in the dentin of pulpless teeth (8); however, in human teeth there is no difference between vital and non-vital teeth (9). Furthermore, in an experimental *in vitro* study, dehydration did not appear to weaken dentin structure in terms of strength and toughness (10). Extensive use of rotary instruments during preparation of the canal space by cutting the dentin in straight lines at the curvatures weakens the root structure (11). To avoid vertical fractures, minimal canal enlargement (12) espe-

cially the coronal third (13) (Figs. 2, 3), and flare preparation (14) of the root canal space are suggested. The use of Gates-Glidden burs in the coronal part of the root during the preparation phase has been blamed for weakening the root and should be re-assessed (15).

Lateral condensation of gutta-percha is con-



Fig. 1 - "A complete" vertical-diagonal fracture that involves both crown and root.

Fig. 1 - Una frattura verticale/diagonale "completa" che interessa sia la corona che la radice.



Fig. 2 - Excessive instrumentation and use of rotary instruments in the coronal part of the root canal can be a predisposing factor for VRF.

Fig. 2 - Un'eccessiva strumentazione e l'uso di strumenti rotanti nella parte coronale del canale possono essere fattori di predisposizione per FRV.

Tamse A. L'etiologia, la diagnosi e le caratteristiche radiografiche di fratture radicolari verticali. *G It Endo* 1995; 1: 10-18

sidered one of the main etiologies for VRF (16-18) (Fig. 4). It usually occurs in roots in which a large amount of tooth structure is removed due to caries, or during canal preparation with a predisposing condition, such as a hidden crack. "Blaming" lateral condensation of gutta-percha as the main etiology for VRF (as some do) is questionable. It is very difficult to correlate *in vitro* studies on extracted roots to the clinical situation. Using mathematical models, Gimlin et al. (19) have shown that the pressure on the tip of the root is much smaller when using lateral condensation compared with vertical condensation. Studies with the Instron machine show that a pressure of 15-16 Kg is needed to cause a root fracture and, in contrast to clinical situations, 3 Kg is actually applied (20, 21). Regardless of how much force is needed to cause a fracture, root deformations have been shown in many teeth when pressure was applied in laboratory tests (22).

"Pathologic root fracture", which occurs in patients over the age of 50 years with inflammatory resorption associated with periodontal disease has also been suggested (9). This term can be used, as suggested by the authors, when no other etiological factors can explain the reason for the fracture.

3. Prosthetic reconstruction of endodontically treated teeth. Harmful restorative procedures after root canal therapy, such as over preparation of the canal for a post (Fig. 3), selection of an improper post, traumatic seating of intra-canal restorations, and expansion of posts and pins due to corrosion are considered to cause many vertical root fractures (16, 23-25) (Figs. 5, 6).

The use of threaded screw posts for intracanal reconstruction is one reason for root fractures. The post is designed slightly wider than the diameter of the canal which cuts and wedges in the dentin during insertion. This creates a massive lateral force, such as internal stress, coupled with the torque of mastication, that precipitates the root fracture (26).

In recent *in vitro* studies, conflicting conclusions as to the specific post design that can be "blamed" for vertical fractures were reported. In two studies (27, 28), a screw post wedged in the root did not cause more frac-



Fig. 4 - VRF as a result of lateral condensation of gutta-percha in a mandibular incisor. The periapical radiograph taken 1 year after completing treatment, reveals severe periodontal defect, bone loss and separation of root segments. No intra-canal or fixed coronal restorations were made.

Fig. 4 - FRV conseguenza della condensazione laterale della gutta-percha in un incisivo mandibolare. La radiografia periapicale fatta un anno dopo il trattamento, rivela un grave difetto parodontale, una perdita ossea, e la separazione dei segmenti radicolari. Non c'erano restaurazioni intracanalari o coronali fisse.

tures than cast posts forced into the canal. However, in a study conducted on extracted roots (29) when threaded posts came in contact with the bottom of the prepared channel, high strains were shown. Longer posts can be more dangerous than shorter ones, but in general, endodontically treated teeth with intracanal restorations are more frequently affected than those with extra-canal restorations (30). Adequate retention with optimal stress distribution will probably be achieved with serrated parallel posts. Gerstein and Burnell (31) have developed a prefabricated precision dowel to reduce the incidence of VRF, but the amount of dentin remaining in the crown, the type of preparation and the occlusal forces may also have an effect on the VRF. Gordon et al. (32) suggest inserting and cementing a screw post in the canal without using pressure. A technique for post preparation using non-rotating manual instruments has been developed (33). There is a correlation between the level of the alveolar bone and the stress of the tip of the intracanal post (34). In endodontically treated teeth with intracanal posts this correlation could be an important predisposing factor. Volumetric expansion of endodontic pins and posts due to corrosion (35, 36) can also cause VRF. In the corrosion theory, corrosion products of metal are deposited on the root canal surface causing dimensional expansion, which results in a longitudinal fracture (37). Since this theory has not been proven, it may well be that the corrosion of metal results from fluid leakage from the oral cavity to the canal space through previously existing VRF.

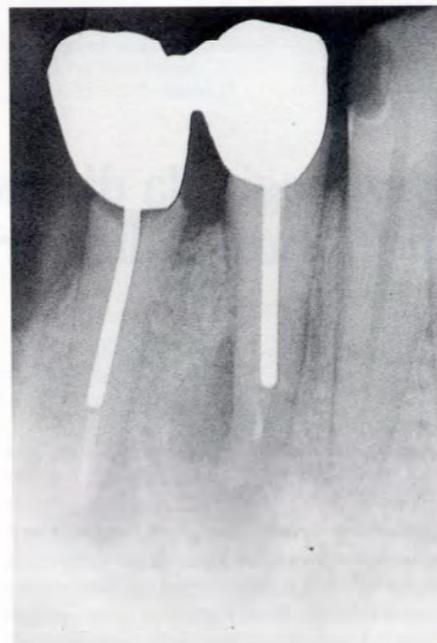


Fig. 5 - Long improper posts in teeth 34, 35. Fig. 5 - Lunghi perni inadatti nei denti 34 e 35.

Therefore, it is suggested that the corrosion of the post is more likely to be the result not the cause of the fracture. Sedgley and Messer (9) summarized the etiology in VRF patients stating that the susceptibility to fracture is probably due to the cumulative loss of tooth structure from caries, trauma, endodontic and restorative procedures.

CLINICAL DIAGNOSIS

The diagnosis of VRF can be difficult because the patient's complaints, signs, symptoms and radiographic pictures imitate periodontal or endodontic problems. There is no single clinical sign that is pathognomonic for this phenomenon. Complaints include purulent suppuration, a dull pain, inconvenience, swelling, or a "loose tooth". Major clinical signs are probable osseous defects (Fig. 4) (in almost all patients), presence of a periodontal abscess, fistulous tract and mobility (16, 24, 38, 39).

A sharp cracking sound may be heard at the time of gutta-percha condensing into the root canal space. Such sound has been reported by Meister et al. (16) in 6 out of 32 teeth with VRF. Other immediate "alarming" signs are sharp sudden pain, unlimited ability to condense gutta-percha and intra-canal bleeding (1). If a VRF is suspected during treatment, radio-graphic verification can be made only if the fracture is "complete" and the two segments are separated (Fig. 7). Positive evidence of VRF can be obtained by reproducing the pain (if there is a complaint) by selective biting on a hard

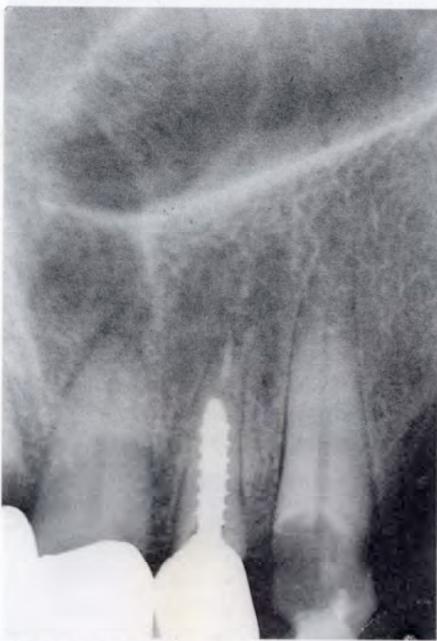


Fig. 6 - Wide serrated screw post cemented into a lateral incisor left very thin dentin walls.

Fig. 6 - Un largo perno serrato a vite cementato in un incisivo laterale ha lasciato sottilissime pareti dentinali.

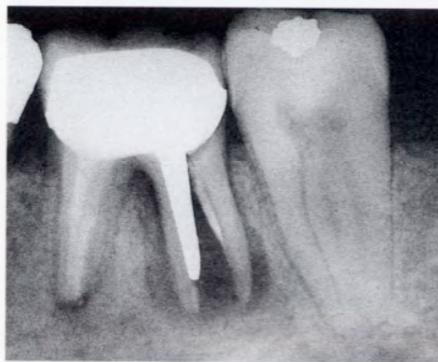


Fig. 7 - A vertical root fracture in a mandibular molar probably due to improper size and sitting of a cast post. The separation of segments can be seen very clearly.

Fig. 7 - FRV in un molare mandibolare probabilmente dovuta all'errate dimensioni e al posizionamento sbagliato di un perno (cast post), si vede benissimo la separazione dei segmenti.

può verificare durante la preparazione di un canale quando esiste una condizione di predisposizione, come ad esempio una micro frattura non rilevata. È discutibile dare sempre la colpa (come fanno in tanti) alla condensazione laterale della guttaperca come maggior eziologia. È molto difficile correlare gli studi *in vitro* su denti estratti alla situazione clinica. Utilizzando formule matematiche, Gimlin et al. (19) hanno mostrato che la pressione sull'apice della radice è molto meno quando si condensa lateralmente a confronto della condensazione verticale. Studi fatti con l'apparecchio Instron dimostrano che occorre una pressione di 15-16 Kg prima che la radice si fratturi, invece nella situazione clinica normalmente viene esercitata una pressione di 3 Kg (20, 21). Nonostante la forza necessaria per causare una frattura, è stato dimostrato da studi in laboratorio (22) che si creano spesso deformazioni radicolari sui denti quando viene applicata troppa pressione.

Fratture in pazienti di oltre 50 anni con riassorbimento infiammatorio associato a malattia parodontale vengono chiamate "fratture radicolari patologiche" (9). Gli autori suggeriscono l'uso di questo termine quando non si trova nessun altro fattore eziologico per spiegare la presenza di fratture.

3. La ricostruzione protesica di denti trattati endodonticamente. Alcune cause di fratture radicolari verticali sono le procedure restaurative incongrue che seguono la terapia endodontica, come la preparazione eccessiva del canale per un perno (Fig. 3), un'errata scelta del tipo di perno, un traumatico posizionamento di restaurazioni in-

tracanalari, e l'espansione dei perni dovuta alla corrosione (16, 23-25) (Figg. 5, 6).

L'uso di perni filettati per la ricostruzione intracanalare è un'altra causa di frattura alla radice. Il perno è disegnato appositamente un po' più largo del diametro del canale e taglia e spinge sulla dentina durante l'inserimento. Questo crea un'enorme forza laterale, una pressione interna, che assieme alla torsione durante la masticazione provocano la frattura della radice (26).

Diversi studi recenti *in vitro* per stabilire quale specifico disegno del perno può essere responsabile delle fratture verticali hanno dato contrastanti conclusioni. In due studi (27, 28), un perno filettato inserito nel canale non ha provocato più fratture di perni lisci. Tuttavia, uno studio su radici estratte (29) ha mostrato che i perni filettati che fanno contatto con il fondo del canale preparato causano molta tensione. I perni più lunghi sono più dannosi di quelli più corti, ma generalmente i denti trattati con restaurazioni intracanalari più frequentemente si fratturano di quelli con restaurazioni extracanalari (30). Probabilmente si può avere una conservazione adeguata con un'ottima distribuzione della pressione con perni serrati paralleli.

Gerstein e Burnell (31) hanno sviluppato un perno di precisione per ridurre l'incidenza di FRV, ma possono avere un effetto sull'incidenza di FRV anche la quantità di dentina rimasta nella corona, il tipo di preparazione e la forza dell'occlusione. Gordon et al. (32) suggeriscono di inserire e cementare il perno a vite nel canale senza usare pressione. È stata sviluppata una tecnica per la prepa-

razione per il perno utilizzando strumenti a mano non rotanti (33). C'è una correlazione tra il livello dell'osso alveolare e lo stress causato dalla punta del perno intracanalare (34). Questo potrebbe essere un fattore di predisposizione nei denti endodonticamente trattati con perni intracanalari. Un'altra causa di fratture è l'espansione volumetrica di perni endodontici dovuta a corrosione (35, 36). Secondo la teoria della corrosione, i prodotti della corrosione del metallo si depositano sulla superficie del canale radicolare provocando un'espansione dimensionale che risulta in una frattura longitudinale (37). Sebbene questa teoria non sia stata confermata, può darsi che la corrosione del metallo avvenga per una perdita di fluido dalla cavità orale nello spazio canale attraverso una frattura pre-esistente. Quindi, si suppone che la corrosione del perno sia il risultato e non la causa di frattura. Sedgley e Messer (9) hanno riassunto l'eziologia dei pazienti con FRV e concluso che la suscettibilità alla frattura della radice del dente è probabilmente dovuta alla perdita cumulativa della struttura dentale causata dalla carie, da trauma, e dalle procedure endodontiche e restaurative.

LA DIAGNOSI CLINICA

La diagnosi di FRV può essere difficile perché i segni e i sintomi del paziente e il quadro radiografico imitano problemi endodontici e parodontali. Non esiste un singolo segno clinico che sia patognomonico per questo fenomeno. I pazienti lamentano la suppurazione purulenta, un dolore sordo, fastidio, gonfiore, oppure un "dente mobile". I principali segni clinici includono probabili difetti ossei (Fig. 4) (in quasi tutti i pazienti), la presenza di un ascesso parodontale, fistola e mobilità (16, 24, 38, 39).

Si può udire un suono di "crack" al momento di condensare la guttaperca nel canale. Tale rumore è stato annotato da Meister et al. (16) in 6 su 32 denti con FRV. Altri segni "allarmanti" immediati sono un forte dolore improvviso, possibilità di condensazione della guttaperca in maniera eccessiva e la presenza di sangue intracanalare (1). Se si ipotizza una frattura durante il trattamento,



Fig. 8 - Vertical root fracture in tooth 15 which is a mesial abutment for a bridge.
a. Periapical radiolucency typical from endodontic cause did not heal after root canal retreatment.
b. The extracted tooth reveals the VRF.



Fig. 8 - VRF sul 15 che è un supporto per un ponte.
a. La radiotrasparenza periapicale tipica causata dal trattamento endodontico non è guarita in seguito al trattamento.
b. Si nota la frattura sul dente estratto.

object (40), or using dyes in a meticulously clean pulp chamber. When a fracture occurs, there is, at a certain point in time, an ingrowth of soft tissue to the fracture space, thus forming a communication between the irritants from the oral cavity to the canal space. Foreign material and food debris that penetrate the fracture area cause the soft tissue adjacent to the fracture to always be inflamed.

As a result of this chronic inflammation in the fracture line area, a periodontal pocket is usually formed – a sinus tract normally extending to the end of the fracture. A periapical radiograph with a gutta-percha cone inserted into the sinus tract is an important diagnostic tool. The ability to diagnose VRF increases when the pocket extends to mid-root level rather than to the apex, or if two sinus tract pockets are observed on opposite sides of the root (1, 41, 42). The pocket caused by VRF is located at the site of the fracture in contrast to a normal sulcus depth which is usually seen around other parts of the tooth (43, 44) after a period of time. Such a case is described by Makkes and Folmer (44). The delay in pocket formation could be explained when the VRF was not of the “complete” type and the most coronal margin of the fracture was situated apically to the epithelial attachment. Signs and symptoms are not limited to only periodontal problems, but are also typical to endodontic diseases. The misdiagnosis of VRF, as a regular endodontic failure, usually leads to root canal retreatment. It can happen when a sinus tract emerges from the alveolar mucosa, when a periapical radiolucency is diagnosed from the radiograph (Figs. 8a-b), or if the root canal filling is not performed according to the accepted standard criteria (Figs. 9a-c).

Additional clinical means for correct diagnosis include:

- Radiographic examination.
- Inspection of external surfaces of the crown and root for a possible fracture. Gingival recession or slight retraction of the gingival tissue may reveal a fracture line.
- Examination of the internal surface of the pulp chamber for a possible fracture line. For this purpose, the pulp chamber must be clean of restorations, especially near the ca-



Fig. 9 - Vertical root fracture in tooth 25 which is a part of a bridge.
a. Poor root canal filling was suspected as the reason for the treatment failure, but since

nal orifice.

■ Full periodontal flap should be taken into consideration (1, 16, 18).

■ Dying the suspected areas, i.e., pulp chamber or root surface (45) with iodine and Methylene Blue.

RADIOGRAPHIC DIAGNOSIS

The radiographic examination is an important aid for diagnosing VRF. A bony lesion or hair-like fracture line in the dentin is not always observed in the orthoradial radiograph. Therefore, it is recommended that



Fig. 9 - Una frattura radicolare verticale sul 25 che fa parte di un ponte.
a. Era sospetta una “povera” otturazione canalare come causa dell’insuccesso del trattamento, ma dato che la radiotrasparenza laterale è tipica di FRV, l’estrazione è stato il trattamento scelto.
b. Le due parti del dente estratto.
c. Le parti fratturate viste dalle direzioni B-L e M-D.

the lateral radiolucency is typical for VRF, extraction was the treatment of choice.

additional eccentric (Figs. 10a-b) or occlusal radiographs, or a tomograph (46) be performed. Radiographic evidence of periodontal-like bone loss were reported in 75% of VRF cases (Figs. 9a, 11a-c), apical radiolucency in 22% of the cases (Fig. 8a), and displacement of root segments in only 3% (16) (Figs. 4, 7, 12a-c). In contrast, Rud and Omnell (47) claim that radiographic interpretation is possible in only 30% of VRF cases (Figs. 13a-c, 14a-b). Clear radiographic evidence of separated root segments may be found only in rare cases. In most cases, this evidence appears after a period of time. Meister et al. (24) point out that the diffi-



Fig. 10a - VRF in the mesial root of tooth 46. Radiolucent defect in the bifurcation area imitating a true periodontal problem, together with gutta-percha cones detached from this root, a radiographic diagnosis of VRF was made.

b. A slightly different angulation of a periapical radiograph taken 3 days earlier when pain started, did not reveal the cause. These two radiographs emphasize the importance of taking two different angulations when VRF is suspected.



Fig. 10a - FRV della radice mesiale del 46. La diagnosi è stata FRV documentata dalla radiografia che mostra un difetto di radiotrasparenza nell'area della biforcazione che imita un vero problema parodontale, insieme a coni di gutta-perca staccati da questa radice.

b. Una radiografia fatta da un'altra angolazione periapicale 3 giorni prima quando iniziò il dolore non rivelò la causa. Queste due radiografie sottolineano l'importanza di fare le radiografie da diverse angolazioni quando si sospetta FRV.



Fig. 11a - Angular bone loss from both sides of a vertically fractured tooth 24.

b. The extracted tooth.



Fig. 11a - Una perdita ossea angolare su entrambi i lati del 24 fratturato verticalmente.

b. Il dente estratto.

la verifica attraverso la radiografia può essere fatta solo se la frattura è "completa" e i due segmenti sono separati (Fig. 7). La prova positiva si ottiene riproducendo il dolore (se il paziente si è lamentato di dolore) mordendo selettivamente un oggetto duro, oppure colorando la camera pulpare, meticolosamente pulita. Quando si forma una frattura, si creerà in un certo momento un'abnorme crescita di tessuto infiammatorio all'interno dello spazio determinato dalla frattura, quindi creando una comunicazione tra gli irritanti dalla cavità orale e lo spazio canalare. Materiale estraneo e detriti penetrano l'area della frattura e causano una perpetua infiammazione del tessuto molle adiacente.

Di solito una tasca sottile risulta dalla cronica infiammazione nella linea di frattura, un "sinus tract" che normalmente si estende fino alla fine della frattura. Un'importante prova diagnostica è di fare una radiografia periapicale con un cono di gutta-perca inserito nella tasca ("sinus tract"). L'abilità di diagnosticare FRV aumenta quando la tasca si estende fino a metà radice piuttosto che fino all'apice, oppure quando si notano due

tasche "sinus tract" sui lati opposti della radice (1, 41, 42). La tasca causata da FRV si trova al punto della frattura, al contrario di una normale tasca profonda che si osserva normalmente intorno ad altre parti del dente (43, 44), dopo un certo periodo di tempo. Un tale caso è descritto da Makkes e Folmer (44). Il ritardo della formazione di una tasca si spiega quando la frattura non è del tipo "completo" e quando il margine più coronale della frattura si trova apicalmente all'attacco epiteliale. I segni ed i sintomi non si limitano ai soli problemi parodontali, ma sono tipici anche della malattia endodontica. La mancanza di diagnosi di FRV, un frequente insuccesso endodontico, di solito comporta un ritrattamento endodontico. Questo può avverarsi quando un "sinus tract" emerge dalla mucosa alveolare, quando si diagnostica una radiotrasparenza periapicale osservata in radiografia (Fig. 8a, b), oppure se l'otturazione del canale radicolare non viene eseguita secondo i criteri standard (Fig. 9a-c).

Altri mezzi clinici per una corretta diagnosi includono:

■ L'esame radiografico.

■ Un'ispezione delle superfici esterne della corona e della radice per trovare eventuali fratture. La recessione gengivale o un leggero ritiro del tessuto gengivale può rivelare una linea di frattura.

■ Un esame della superficie interna della camera pulpare per scoprire una possibile linea di frattura. A questo scopo la camera pulpare deve essere libera da restaurazioni, in particolare vicino alla bocca del canale.

■ Si dovrebbe prendere in considerazione un lembo parodontale a tutto spessore (1, 16, 18).

■ Colorare le zone sospette, cioè la camera pulpare o le superfici della radice (45), con iodio e blu metilene.

LA DIAGNOSI RADIOGRAFICA

L'esame radiografico è un importante aiuto per la diagnosi di FRV. Non sempre si osservano sulla radiografia ortoradiale una lesione ossea o una minuscola linea di frattura nella dentina. Quindi, si consigliano altre radiografie eccentriche (Fig. 10a, b) o occlusali, oppure una tomografia (46). Prove radiografiche di perdita ossea "simil-parodontale" sono state riportate per il 75% di casi con FRV (Fig. 9a, 11a-c), la radiotrasparenza apicale nel 22% di casi di FRV (Fig. 8a), e lo spostamento dei segmenti radicolari in solo il 3% (16) (Fig. 4, 7, 12a-c). Al contrario, Rud e Omnell (47) affermano che un'interpretazione radiografica può essere fatta in solo il 30% dei casi di FRV (Fig. 13a-c, 14a-b). Solo in qualche raro caso si può trovare chiara evidenza radiografica della separazione dei segmenti radicolari. Nella maggioranza dei casi, questa prova si evidenzia dopo un certo periodo di tempo. Meister et al. (24) sottolineano che la difficoltà di un'osservazione radiografica immediata è dovuta al tempo che occorre per la proliferazione del tessuto molle in mezzo ai segmenti, che di conseguenza li separa. Ciononostante, si può fare un'immediata diagnosi radiografica in due casi:

1. La prova radiografica della separazione dei segmenti radicolari (16, 17, 24).

2. Una minuscola radiotrasparenza interpretata come una piccolissima frattura della dentina (1).

culty in immediate radiographic detection is due to the time sequence needed for the soft tissue proliferation in between the segments which consequently separates them. Nevertheless, an immediate radiographic diagnosis can be made in two instances:

1. Radiographic demonstration of the root segment separation (16, 17, 24).
2. A hair-like radiolucency interpreted as a crack in the dentin (1).

However, in most cases, the operator is forced to rely on the radiographic picture of the periodontal and endodontic-like lesions caused by the VRF.

The bony lesions of VRF can be classified into three major types (1):

1. A "halo-like" appearance of bone loss at the root apex that could extend to mid-root level, at one or both sides. This is found in cases where the fracture is located at the apical root portion and involves both sides. In these lesions, endodontic failure should be taken into consideration as a differential diagnosis, especially where the root canal filling does not fulfill the accepted standard criteria. As a diagnostic procedure, root canal retreatment should be considered (Figs. 15a-b).
2. An angular periodontal defect extending apically from the crestal bone of variable width and usually terminating at the level of the fracture line end. It appears on one or both sides of the root (Figs. 4, 11a-b).
3. Wide enlargement of the periodontal ligament along the root to the apical end usually with equal width. If the lesion appears on only one side of the root, then the periodontal space will appear normal on the other side (Fig. 9a).

CONCLUSIONS

Vertical root fractures in endodontically treated teeth are a frustrating phenomenon, both for the patient and the clinician. The reasons for the frustration are due to the difficulty in making a correct diagnosis, especially in the short time period after completing the treatment, the etiology for VRF is mainly of an iatrogenic source, and the current solution for the problem is a surgical one, extraction of the involved root or tooth.

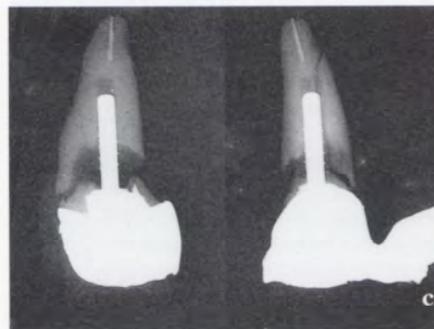
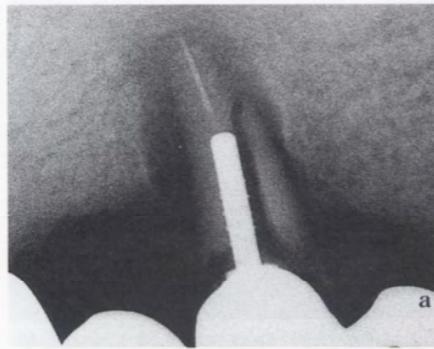


Fig. 12a - Displacement of segments and a combined periapical and perilateral radiolucencies in tooth 45.

b. The extracted tooth reveals the fracture line.

c. The extracted tooth with the displaced segment radiographed from M-D and B-L directions.

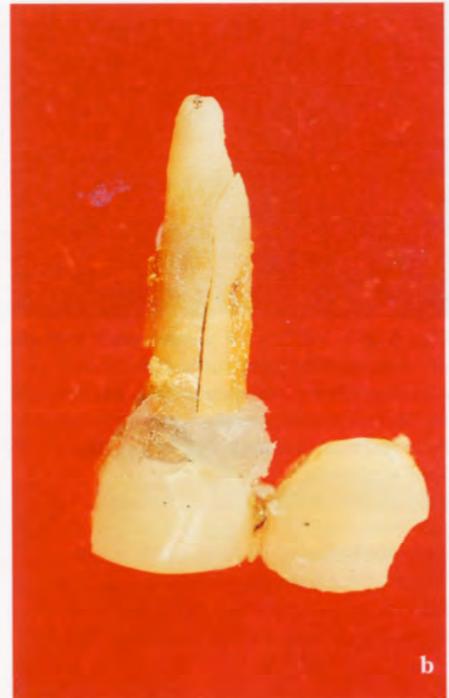


Fig. 12a - Lo spostamento dei segmenti e una radiotrasparenza periapicale/perilaterale del 45.

b. Si nota la frattura sul dente estratto.

c. Radiografie in direzione M-D e B-L del dente estratto con il segmento spostato.

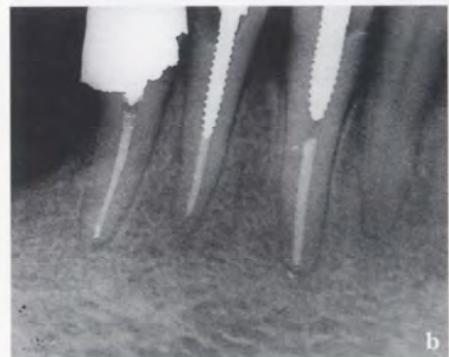
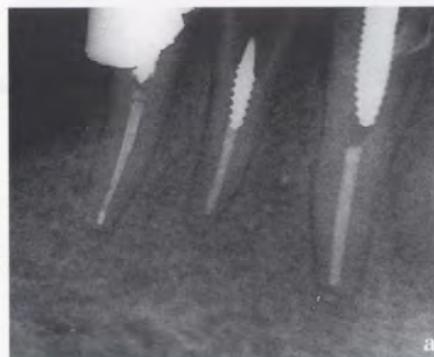


Fig. 13 - VRF as a result of screw-post cementation with 6 months sensitivity to palpation and percussion without radiographic manifestations in a mandibular first premolar.

a. Immediately after cementation of the post.

b. 6 months after cementation of the post.

c. Extracted tooth reveals the VRF.

Fig. 13 - Un primo molare mandibolare. FRV risultante dalla cementazione di un perno a vite con 6 mesi di sensibilità alla palpazione e alla percussione senza manifestazioni radiografiche.

a. Immediatamente dopo la cementazione del perno.

b. 6 mesi dopo la cementazione del perno.

c. Il dente estratto rivela FRV.



Fig. 14 - VRF in tooth 11 restored after root canal therapy with cast post and a veneer crown.

a. Isolated periodontal pocket almost all the way to the apex on the buccal side only was the sole manifestation of the VRF in this case.
b. The extracted tooth reveals a vertical fracture all the way to the apical end.



Fig. 14 - FRV sull' 11 restaurato a seguito di trattamento endodontico con perno e corona in veneer.

a. L'unica manifestazione di FRV in questo caso è una tasca parodontale isolata quasi fino all'apice sul lato buccale.
b. Il dente estratto rivela una frattura verticale fino all'apice della radice.



Fig. 15 - "Halo-like" appearance at root apex of tooth 24.

a. The radiographic picture reveals a poor root canal filling with gutta-percha with the "halo-like" apical radiolucency. Root canal treatment is the first treatment of choice.
b. Since extraction was performed and not root canal retreatment, a vertical fracture can be seen.



Fig. 15 - L'aspetto "aureolare" all'apice del 24.

a. La radiografia rivela una inadeguata otturazione del canale con gutta-perca con una radiotrasparenza "aureolare" apicale. Il trattamento preferito è endodontico.
b. Il dente invece è stato estratto e rivela una frattura verticale.

Tuttavia, nella maggioranza dei casi, l'operatore è costretto ad affidarsi al quadro radiografico delle lesioni parodontali o endodontiche causate dalle FRV.

Le lesioni ossee da FRV possono essere divise in tre categorie secondo i tre tipi principali (1):

1. Un aspetto "aureolare" di perdita ossea all'apice della radice che potrebbe estendersi fino a metà della radice, su un lato o su entrambi.

Questo avviene in casi in cui la frattura si trova nella parte apicale e interessa entrambi i lati della radice. In queste lesioni, un insuccesso endodontico dovrebbe essere preso in considerazione come diagnosi differenziale, specialmente quando l'otturazione del canale non è stata fatta secondo i criteri standard. Come procedura diagnostica, si deve pensare ad un ritrattamento endodontico (Figg. 15a-b).

2. Un difetto angolare parodontale che si estende apicalmente dall'osso crestale, di larghezza variabile e che solitamente termina al livello della fine della linea di frattura. Appare su uno o entrambi i lati della radice (Figg. 4, 11a-b).

3. Un ingrossamento del legamento parodontale lungo la radice fino all'apice della radice, di solito mantenendo una uguale larghezza. Se la lesione appare su un unico lato della radice, allora lo spazio parodontale apparirà normale dall'altro lato (Fig. 9a).

CONCLUSIONI

Le fratture radicolari verticali su denti endodonticamente trattati sono fenomeni che sono frustranti sia per il paziente che per il dentista. I motivi di ciò sono dovuti alla difficoltà di fare un'esatta diagnosi, particolarmente poco tempo dopo un trattamento endodontico; l'eziologia di FRV è principalmente iatrogena e la soluzione al problema è chirurgica, l'estrazione della radice o del dente.

REFERENCES

- 1 - Pitts DL, Natkin E. Diagnosis and treatment of vertical root fracture. *J Endodon* 1983; 9: 338-46
- 2 - Walton RE, Michelich RJ, Smith GN. The histopathogenesis of vertical root fractures. *J Endodon* 1984; 10: 48-56
- 3 - Badino M, Testori T. Analisi allo stereomicroscopio di sezioni di radici trattate endodonticamente. *G It Endo* 1993; 2: 82-6
- 4 - Lindauer PA, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GP. Vertical root fractures in curved roots under simulated clinical conditions. *J Endodon* 1989; 15: 345-9
- 5 - Gluskin AH, Radke RA, Frost SL, Watanabe LG. The mandibular incisor: Rethinking guidelines for post and core design. *J Endodon* 1995; 21: 33-8
- 6 - Morfis AS. Vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 69: 631-5
- 7 - Tamse A. Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4: 190-6
- 8 - Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970; 34: 661-70
- 9 - Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endodon* 1992; 18: 332-5
- 10 - Huang TG, Schilder H, Nathanson D. Effect of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *J Endodon* 1992; 18: 209-15
- 11 - Bender IB, Freedland JB. Adult root fracture. *J Am Dent Assoc* 1983; 107: 413-9
- 12 - Trabert KC, Caputo AA, Abou-Rass M. Tooth fracture - a comparison of endodontic and restorative treatments. *J Endodon* 1978; 4: 341-5
- 13 - Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endodon* 1993; 19: 87-90
- 14 - Harvey TE, White JT, Leeb IJ. Lateral condensation stress in root canals. *J Endodon* 1981; 7: 151-5
- 15 - Trope M, Ray HL. Resistance to fracture in endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73: 99-102
- 16 - Meister F, Lommel TJ, Gerstein H. Diagnosis and possible causes of vertical root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 243-53
- 17 - Siani IH, Katz HR. Management of vertical root fracture. *J Endodon* 1978; 4: 316-7
- 18 - Vertucci FJ. Management of vertical root fracture. *J Endodon* 1985; 11: 126-31
- 19 - Gimlin DR, Pan CH, Ramirez GA. A comparison of stresses produced during lateral and vertical condensation using engineering models. *J Endodon* 1986; 12: 235-41
- 20 - Pitts DL, Matheny HE, Nicholls JI. An *in vitro* study of spreader loads required to cause vertical root fracture during lateral condensation. *J Endodon* 1983; 9: 544-50
- 21 - Holcomb JQ, Pitts DL, Nicholls JI. Further investigation of spreader loads required to cause vertical root fracture during lateral condensation. *J Endodon* 1987; 13: 277-84
- 22 - Dang DA, Walton RE. Vertical root fracture and root distortion - effect of spreader design. *J Endodon* 1989; 15: 294-301
- 23 - Wechsler SM, Vogel RI, Fishelberg G, Shovlin FE. Iatrogenic root fractures: a case report. *J Endodon* 1978; 4: 251-3
- 24 - Meister F, Lommel TJ, Gerstein H, Bell WA. An additional clinical observation in two cases of vertical root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981; 52: 91-6
- 25 - Linaburg RG, Marshall FJ. The diagnosis and treatment of vertical root fractures: report of a case. *J Am Dent Assoc* 1973; 86: 679-83
- 26 - Helft M, Marshak B. Split root: a common cause of undiagnosed or misdiagnosed pain. *Quintessence Int* 1981; 12: 1031-6
- 27 - Fecton DA, Webb EL, Kanoy BE, Dogoni J. Threaded endodontic dowels and effect of post design on incidence of root fracture. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 179-87
- 28 - Milot P, Stein RS. Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 428-35
- 29 - Ross RS, Nicholls JI, Harrington GW. A comparison of strains generated during placement of five endodontic posts. *J Endodon* 1991; 17: 450-6
- 30 - Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 28-35
- 31 - Gerstein H, Burnell SC. Prefabricated precision dowels. *J Am Dent Assoc* 1964; 68: 787-91
- 32 - Gordon M, Judes H, Laufer BZ, Shifman A. An immediate dual purpose restoration of posterior root-filled teeth. *Dental Medicine* 1984; 2: 22-5
- 33 - Ferrari M, Balleri P, Testori T. La strumentazione manuale per la preparazione di perni moncone. *G It Endo* 1993; 1: 36-40
- 34 - Reinhardt RA, Krejci RF, Pao YC, Stannard JG. Dentin stress in posts - re-constructed teeth with diminishing bone support. *J Dent Res* 1983; 62: 1002-8
- 35 - Angmar-Mansson B, Omnell KA, Rud J. Root fractures due to corrosion. *Odont Rev* 1969; 20: 245-65
- 36 - Rud J, Andreassen JO. A study of failures after endodontic surgery by radiographic, histologic and stereomicroscopic methods. *Int J Oral Surg* 1972; 1: 311-28
- 37 - Peterson KB. Longitudinal root fracture due to corrosion of an endodontic post. *Can Dent Assoc J* 1971; 37: 66-8
- 38 - Plant JJ, Uchin RA. Endodontic failures due to vertical root fractures: two case reports. *J Endodon* 1976; 2: 53-5
- 39 - Lommel TJ, Meister F, Gerstein H, Davies EE, Tilk MA. Alveolar bone loss associated with vertical root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978; 45: 909-19
- 40 - Lin LM, Langeland K. Vertical root fracture. *J Endodon* 1982; 8: 558-621
- 41 - Crump MC. Differential diagnosis in endodontic failure. *Dent Clin North Am* 1973; 23: 617-35
- 42 - Harrington GW. The perio-endo question: differential diagnosis. *Dent Clin North Am* 1979; 23: 673-90
- 43 - Braun RJ, Meister F. An undetected mesiodistal root fracture - a case report. *Quintessence Int* 1984; 15: 715-9
- 44 - Makkes C, Folmer T. An unusual vertical fracture of the root. *J Endodon* 1979; 5: 315-6
- 45 - Weisman MI. The twenty-five cent crack detector. *J Endodon* 1978; 4: 222
- 46 - Haerling M, Ramstrom G. Dental root fracture diagnosed by polytomography. *Acta Radiol* 1974; 15: 558-60
- 47 - Rud J, Omnell KA. Root fractures due to corrosion. *Scand J Dent Res* 1970; 78: 397-403