

Lucio Daniele

Libero professionista
L'Aquila

Corrispondenza:
Dott. Lucio Daniele
Via Verdi, 29
67100 L'Aquila
Tel.: 086225469
E-mail: drlucio@tiscali.it

Pervenuto in Redazione il 5 luglio 2007
Accettato per la pubblicazione il 3 settembre 2007

La diagnosi della vitalità pulpare

Diagnosis of pulp vitality

RIASSUNTO

Una corretta diagnosi rappresenta la premessa indispensabile per poter effettuare un trattamento endodontico. La scelta della terapia più idonea scaturisce quasi automaticamente una volta chiarito il quadro patologico, per cui la formulazione della diagnosi deve essere accurata e meditata; inoltre, è indispensabile che l'odontoiatra conosca bene i diversi tipi di processi istopatologici che si possono verificare a carico della polpa. Nel presente articolo, dopo aver riepilogato l'anatomia dei tessuti dentali e come questa possa influenzare la propagazione dello stimolo durante la valutazione della vitalità pulpare, viene presa in considerazione l'innervazione dell'organo pulpo-dentinale e le modalità della trasmissione dell'impulso nervoso.

Questa revisione della letteratura illustra tutti i mezzi diagnostici di vitalità pulpare, dai test classici (test termici ed elettrici) a quelli sperimentali non invasivi (flussimetria laser-Doppler, pulso-ossimetria, test mediante xenon 133).

Mediante i test classici, uniti alla conoscenza di tutte le variabili di falsi positivi e falsi negativi, si possono avere utili informazioni per valutare la vitalità pulpare degli elementi dentari anche se i mezzi oggi a disposizione non consentono di esprimere una diagnosi precisa sulle reali condizioni infiammatorie dei tessuti pulpari.

I test sperimentali non invasivi, mancando la componente soggettiva del paziente, sicuramente in futuro potranno essere un ottimo ausilio per la valutazione della vitalità pulpare.

Parole chiave di apprendimento:

- formulare una corretta diagnosi è premessa indispensabile per attuare una giusta terapia;
- conoscere tutti i mezzi diagnostici per la valutazione della vitalità pulpare e i loro limiti;
- è di fondamentale importanza verificare lo stato della polpa prima di intraprendere qualsiasi terapia di tipo endodontico e conservativo.

Parole chiave:

Polpa dentale, vitalità, test.

ABSTRACT

A proper diagnosis is a fundamental step for a correct endodontic treatment. Valid therapeutic choices are a consequence of a proper diagnosis, which must be accurate and immediate. Therefore the endodontist must be aware of the different pathologies of the dental pulp.

In the present article tooth and pulp anatomy, its influence on nerve stimulation and the ways of transmission of stimuli from the dental pulp will be discussed. A literature review on the different diagnostic test will be present, ad-

ding some data about new experimental testing methods for pulp vitality.

The correct use of the currently available test, their advantages and limitations (positive or negative false results) will be presented, even if presently there is no test that can provide a precise diagnosis in all cases. In future the new experimental tests will provide more accurate and reproducible data for a precise diagnosis of pulp vitality.

Key learning points:

- A proper diagnosis is a fundamental step for a correct endodontic treatment.
- Clinicians should be aware of advantages and limitations of currently available pulp vitality tests.
- A pulp vitality test should be performed before any restorative or endodontic procedure.

Key words:

Dental pulp, vitality, test.

INTRODUZIONE

Per poter effettuare una corretta diagnosi in caso di una patologia dentale è di estrema importanza possedere il maggior numero di dati possibile; questi possono essere di natura anamnestica o strumentali.

La diagnosi infatti rappresenta un momento importante durante il primo approccio con il paziente.

Denti con polpa vitale malata, ma in taluni casi anche sana, e denti con polpa non vitale e con canali radicolari e periapice presumibilmente infetti, anche se spesso non presentano alcuna sintomatologia tipica, richiedono comunque un trattamento endodontico, al fine di impedire successivi processi patologici che inevitabilmente si verificherebbero a livello della regione apico-periapicale.

I mezzi a disposizione dell'odontoiatra per una corretta ricerca diagnostica sono: l'anamnesi, l'esame clinico, l'esame radiografico e le prove strumentali.

Già registrando i dati anagrafici del paziente è possibile supporre quali e quanti siano i denti in arcata, se vi sia una non completa chiusura degli apici, o ipotizzare problemi di tipo parodontale con sensibilità dentale aumentata.

Subito dopo è necessaria un'indagine riguardante lo stato di salute generale del paziente, per verificare se è possibile procedere o meno al trattamento e se esso debba essere preceduto da una adeguata terapia preventiva.

Segue poi l'anamnesi specialistica, nell'ambito della quale vengono chiesti al paziente quali siano stati i problemi che lo abbiano portato all'osservazione dell'odontoiatra, siano essi un dolore riferito ad uno o più elementi dentali, una carie avvertita soggettivamente, una tumefazione, una frattura coronale.

È necessario formulare domande più precise circa la sintomatologia avvertita dal paziente ponendo un accento particolare sul dolore, rilevandone i tempi ed i modi di insorgenza, se esso sia spontaneo o provocato da stimoli fisici o chimici, se sia acuto, pulsante, continuo e più o meno localizzabile.

Da questa serie di domande l'odontoiatra ricava informazioni tali da fargli presumere la vitalità o la necrosi del o degli elementi dentali, ma, per avere la certezza di tale presunzione, sarà necessario l'esame radiografico e l'esame clinico che, oltre ad essere articolato secondo le modalità dell'ispezione, palpazione e percussione, conterrà manovre strumentali atte a dirimere i dubbi diagnostici sopra menzionati.

Infatti, mediante i test di vitalità pulpare è possibile indagare le condizioni cliniche di elementi dentali nei quali si

sospetti, per esempio, l'esistenza di una patologia endodontica.

Anatomia dei tessuti dentali

Lo **smalto** è un tessuto duro di origine ectodermica, traslucido, ad elevata mineralizzazione, che riveste la corona del dente con uno spessore non uniforme; in corrispondenza delle cuspidi, ad esempio, lo spessore dello smalto è più elevato che nella zona del colletto.

Da un punto di vista chimico esso è composto per il 96% circa da materiale inorganico e per il restante 4% da materiale organico e da acqua; tra le sostanze inorganiche, il calcio è contenuto in una percentuale oscillante intorno al 40-50%, mentre la restante parte è costituita da fosfati e da carbonati (1).

La componente minerale dello smalto si presenta sotto forma di cristalli di idrossiapatite, di forma esagonale e di dimensioni maggiori di quelli presenti nella dentina.

Istologicamente lo smalto è formato da strutture di forma poligonale, i prismi, fra i quali è posta la sostanza interprismatica.

Alla periferia dello smalto giovane può essere reperita una membrana, detta di Nasmyth, che sembra rappresentare l'ultimo prodotto degli ameloblasti nella fase di strutturazione smaltea; nel contesto dello smalto è possibile osservare le strie di Retzius, che rappresentano le successive apposizioni di smalto durante la strutturazione della corona dentaria.

La **dentina**, di origine mesenchimale, costituisce la maggior parte della sostanza del dente, circoscrivendo la camera pulpare sia a livello della corona, nella quale sottende lo smalto, sia nella radice dove è posta al di sotto del cemento; la dentina più vicina alla polpa non è ancora completamente mineralizzata e prende il nome di predentina.

Chimicamente la dentina contiene circa il 70% di sostanza inorganica, rappresentata da cristalli di idrossiapatite, il 20% di sostanza organica, rappresentata da collagene di tipo I, proteoglicani e fosfoproteine ed il 10% di acqua (2).

La struttura è solcata da numerosissimi tubuli che si estendono dalla superficie

interna del tessuto fino al confine con lo smalto e con il cemento.

Nei tubuli sono contenuti i prolungamenti protoplasmatici degli odontoblasti pulpari, noti come fibre di Tomes; i tubuli principali si riducono progressivamente di diametro avvicinandosi alla superficie esterna, mentre dal tubulo principale si originano canalicoli secondari più fini che si intersecano e si uniscono con quelli provenienti dai tubuli vicini.

Al microscopio elettronico a scansione è possibile rilevare la presenza di sottilissime fibre nervose amieliniche di 0,1-0,2 micron di diametro soltanto in una limitata percentuale di canalicoli dentinali e limitatamente alla zona più vicina alla polpa, ed in nessun caso è possibile rilevare la presenza di fibre nervose negli strati di dentina più vicini a smalto e cemento.

Secondo la maggior parte degli Autori, le fibre nervose reperibili nella predentina di denti umani devono considerarsi fibre nervose pulpari raggiunte dal processo di dentinogenesi che, come noto, continua per tutta la vita del dente; le fibre stesse vanno incontro a degenerazione una volta raggiunte dal processo di mineralizzazione (3).

Secondo alcune ricerche sperimentali, la trasmissione dello stimolo dalla dentina alla polpa avverrebbe, mediante spostamento del fluido endotubulare, con meccanismo idrodinamico; infatti, secondo tali ricerche, gli stimoli fisici o chimici portati sulla dentina sono in grado di provocare spostamenti del contenuto liquido presente nei tubuli dentinali, con conseguente dislocazione meccanica dei processi odontoblastici e dei loro somi, dislocazione che viene trasmessa a quei terminali nervosi in stretto contatto con la cellula o con i suoi processi (4).

La **polpa dentale** è un tessuto di derivazione mesenchimale, delimitata in tutta la sua estensione dalla dentina; essa comunica attraverso il forame apicale ed attraverso i canali laterali ed accessori con il periodonto e con i tessuti periapicali, dai quali giungono vasi e nervi.

Essa è costituita da un connettivo lasso che conserva molti dei caratteri morfologici del mesenchima embrionale, molto ricco di cellule nella polpa

giovane, più povero di cellule e con accentuazione della componente stromatica e fibrillare nella polpa senile.

La parte stromatica del tessuto collagene è costituita da fasci di fibre connettive collagene e reticolari, riunite a plesso, fra le cui maglie è contenuta un'abbondante sostanza fondamentale costituita da un complesso muco-proteico formato da una frazione idrocarbonata (costituita da mucopolisaccaridi neutri ed acidi) e da una frazione proteica, immersi in acqua e sali inorganici (5). Le fibre tendono a confluire e a riunirsi in fasci di maggior calibro alla periferia del tessuto, raggiungendo la predentina con un decorso raggiato e spiraleforme per le fibre di von Korf, costituite da fibrille di collagene cementate da una sostanza fondamentale mucopolisaccaridica (6).

Gli elementi cellulari della polpa sono rappresentati in periferia dagli odontoblasti, più numerosi nella polpa dei denti appena erotti, derivanti dalla differenziazione delle cellule mesenchimali nella papilla del germe dentale; essi presentano un prolungamento periferico, la fibra di Tomes, che penetra nei canalicoli dentinali.

Studi recenti hanno potuto dimostrare la presenza del prolungamento citoplasmatico odontoblastico all'interno dei tubuli se non nella predentina e nella dentina calcificata soltanto nel primo tratto, ad una distanza dalla polpa che non va oltre 0,5 mm.

Anche al polo opposto degli odontoblasti si nota un prolungamento diretto verso il centro della polpa ed in anastomosi con prolungamenti analoghi di odontoblasti vicini e di altre cellule pulpari.

Sotto lo strato odontoblastico si trova lo strato di Weil, povero di cellule e ricco di fibre nervose.

Altri elementi cellulari sono i fibroblasti, detti anche cellule fusiformi o stellate, e le cellule mesenchimali perivascolari indifferenziate, o periciti, che in seguito a stimoli di varia natura, si mobilitano, assumendo funzioni di difesa.

Cellule con attività fagocitarie sono anche le cellule migranti a riposo e le cellule migranti di tipo linfoide ed, in ultimo, possono essere ricordate le cellule endoteliali.

La polpa dentale è dotata di una ricca rete vasale e nervosa; i vasi la raggiungono attraverso il forame apicale, decorrendo prima nella polpa radicolare, dove forniscono rami collaterali per irrorare quelle zone del tessuto e poi nella polpa coronale, dove si suddividono in vasi minori, terminando con una rete capillare nella parte periferica del tessuto, in prossimità dello strato odontoblastico, ed è da questa rete che hanno origine i capillari venosi.

Per quanto concerne la circolazione linfatica, è stata dimostrata la sua presenza nella polpa dentaria (7).

I nervi raggiungono il tessuto pulpare accompagnando i vasi e penetrando con essi attraverso l'apice radicolare; recenti ricerche hanno dimostrato come, oltre ad un'innervazione di origine centrale, vi siano anche sottili fibre nervose isolate, di natura simpatica, che formano nella polpa coronale dei denti giovani un plesso fondamentale simpatico (8).

Il **cemento** riveste la dentina della porzione radicolare del dente; è un tessuto di origine mesenchimale che si avvicina per i suoi caratteri al tessuto osseo.

Dal punto di vista istologico viene distinto un cemento acellulare, disposto su tutta la superficie radicolare, ed un cemento ricco di cellule, presente a livello del terzo apicale; tali cellule sono denominate cementoblasti e la loro organizzazione ricalca da vicino quella delle ossa (1).

Innervazione pulpare e dentinale

Le fibre nervose penetrano nel dente come uno o più fasci nervosi attraverso il delta apicale, mentre solo poche fibre possono entrare attraverso i canali accessori; esse sono di tipo mielinico ed amielinico e si raggruppano in fasci, spesso associati a vasi sanguigni, in una matrice collagene (8).

Nel canale radicolare, specie vicino all'apice, è presente solo un piccolo numero di ramificazioni nervose (9), mentre man mano che le fibre nervose si avvicinano alla polpa coronale iniziano a dividersi e ad inviare terminazioni verso la giunzione pulpodentinale (10).

Vicino alla regione subodontoblastica della polpa le fibre nervose formano

una struttura simile ad una intricata rete tridimensionale, nota come plesso di Raschkow, dove le fibre mieliniche perdono la guaina; alcune di queste terminano nella predentina, mentre altre penetrano nei tubuli dentinali, disponendosi attorno ai prolungamenti odontoblastici.

Le fibre intratubulari sono di gran lunga più numerose nella regione dei cornetti pulpari, mentre la percentuale di tubuli innervati diminuisce nel resto della dentina coronale e si riduce ulteriormente nella radice, dove gli assoni non sembrano estendersi oltre la predentina (11).

Le fibre che conducono la sensibilità dolorifica nella polpa consistono di fibre mieliniche di tipo A e fibre amieliniche di tipo C, entrambe derivate dal nervo trigemino, mentre le fibre amieliniche di tipo simpatico hanno origine nel ganglio cervicale superiore; la maggior parte delle fibre di tipo A ha un diametro compreso tra 1 e 4 micron, mentre quelle amieliniche hanno un diametro che si aggira sui 0,5 micron (12).

Al diametro ed al tipo delle fibre nervose è correlata la velocità di conduzione: infatti le fibre mieliniche di tipo A sono a conduzione relativamente rapida (circa 13 m/s), mentre la velocità media di conduzione delle fibre C è di circa 1 m/s; ancora, le fibre di tipo A hanno una soglia di stimolazione bassa e trasmettono un dolore ben localizzato e di tipo acuto, mentre quelle di tipo C hanno una soglia di stimolazione relativamente alta e, se stimolate, provocano una sensazione di dolore diffuso, irradiato e di tipo sordo e prolungato (12).

Dopo questa introduzione sull'innervazione pulpare e dentinale, risulta chiaro come i test pulpari dipendano in particolar modo dalla stimolazione delle fibre A; queste ultime non raggiungono il massimo sviluppo finché l'apice della radice non completa la sua formazione (13), per cui le risposte ai test diagnostici di vitalità pulpare nei denti immaturi devono essere ritenute poco attendibili.

Raggiunto il completo sviluppo dentale, con il progredire dell'invecchiamento, vi è una diminuzione delle fibre mieliniche rispetto ad individui più gio-

vani ma con denti già completamente formati; infatti le persone appartenenti alla terza età presentano perdita di sensibilità ma conservano, in compenso, una forte popolazione di fibre amieliniche di calibro molto piccolo, a conduzione lenta, che permettono loro di percepire dolori sordi a localizzazione imprecisata (14).

Ciò spiega la reazione pacata di alcuni anziani al test elettrico della polpa, anche quando viene eseguito ad alti voltaggi.

Fisiologia della trasmissione dell'impulso

L'unica sensazione evocabile a livello dentale è il dolore, contro il quale il dente oppone, a livello del cemento, il parodonto, a livello della dentina, lo smalto.

La trasmissione del dolore a livello dentale è stata oggetto di numerosi studi che hanno apportato chiarimenti sui molteplici interrogativi posti da studiosi mediante ricerche combinate, mirate a supportare l'obiettività clinica con rilevamenti anatomici e fisiologici.

Infatti non è possibile scindere la problematica del dolore dentale dall'anatomia e dalla fisiologia del dente.

Gli stimoli dolorifici sono raccolti dai nocicettori pulpari e trasmessi sotto forma di impulso, tramite le fibre afferenti trigeminali, al ganglio semilunare di Gasser; da qui l'impulso decorre lungo il tratto spinale raggiungendo il nucleo caudalis, realizzando la prima sinapsi. Dal nucleo caudalis partono i neuroni di secondo ordine che attraversano la linea mediana e si portano nelle strutture nervose superiori del lato opposto, percorrendo il tratto ascendente spino-talamico, realizzando così la seconda sinapsi; da questa zona partono i neuroni di terzo ordine che raggiungono la corteccia cerebrale.

La più bassa intensità di stimolo applicata in modo continuo a livello dei nocicettori, capace di evocare dolore, è definita soglia per il dolore e lo stimolo è indicato con il termine di stimolo adeguato; lo stimolo adeguato che agisce a livello dei nocicettori pulpari è responsabile della sensazione di dolore riferita all'elemento dentario.

La natura di tale stimolo può essere fisica o chimica, ma ciò che è importan-

te è l'intensità ai fini del raggiungimento del valore soglia e quindi ai fini della percezione del dolore; caratteristica peculiare di tutti i recettori sensoriali è il fenomeno per cui, dopo un certo periodo di tempo, essi vanno incontro ad un adattamento parziale o totale alla stimolazione protratta.

Il fenomeno dell'adattamento non è però uguale per tutti i recettori: i nocicettori pulpari appartengono alla categoria dei recettori tonici a scarso adattamento, ossia in grado di rilevare lo stimolo fintanto che questo è mantenuto; quando si rimuove lo stimolo il recettore si spegne (15).

Da recenti ricerche verrebbe ammessa l'esistenza di un controllo inibitore del sistema nervoso simpatico, che sarebbe in grado di innalzare la soglia dello stimolo adeguato (16).

Principali cause di perdita della vitalità pulpare

Fra le cause che frequentemente possono portare alla perdita della vitalità pulpare bisogna ricordare quelle **iatroge-ne**, ossia derivanti da un comportamento non corretto dell'odontoiatra nell'uso di strumenti o di farmaci di routine, oppure da esiti negativi, non controllabili da terapie odontoiatriche o di chirurgia maxillo-facciale.

Fra le cause iatrogene quindi si ricorda un uso improprio di strumenti rotanti che può provocare uno stress termico con danno pulpare (sistema di raffreddamento inefficace, uso di frese consumate, ecc) (17).

Infatti, secondo alcuni Autori, il calore provoca infiammazione e conseguente aumento della pressione intrapulpale, che è in grado di spingere i nuclei degli odontoblasti all'interno dei tubuli dentinali; l'entità del danno è proporzionale a questa migrazione (18).

Anche la rifinitura e la lucidatura di elementi restaurati, procedura essenziale e necessaria per una lunga durata degli stessi, può trasmettere stimoli termici ai tessuti pulpari sottostanti (19).

Il calore generato durante la lucidatura è direttamente proporzionale alla velocità di rotazione dello strumentario ed alla pressione esercitata dall'operatore.

Impiego non congruo di elettrobisturi.

Durante il suo utilizzo, la punta dell'elettrodo potrebbe venire a contatto con restauri metallici presenti negli elementi dentali provocando danni pulpari (20).

Osteotomie multiple del massiccio facciale. Nella chirurgia delle malformazioni dento-scheletriche si corre il rischio di determinare lesioni permanenti ai denti per interruzione dell'innervazione e/o della vascolarizzazione.

Gli interventi chirurgici che prevedono il movimento di segmenti alveolari, come le osteotomie sagittali e quelle tipo Le Fort I, provocano una temporanea perdita di sensibilità dei denti nel periodo immediatamente post-operatorio, mentre di norma la vitalità non viene perduta.

Secondo autorevoli studi (21), alla fine del sesto mese dopo l'operazione, il 58% dei denti presi in esame ha riacquisito la sensibilità ed alla fine del dodicesimo, l'86%; quindi la percentuale totale dei denti che hanno dato risposta negativa alle prove di vitalità, ad un anno di distanza dall'intervento chirurgico, è stato del 14%.

Considerando che la condizione dei denti prima dell'operazione non è stata presa in considerazione e che la percentuale di risposte positive potrebbe essere maggiore, si può affermare che la perdita di vitalità degli elementi dentali nelle osteotomie multiple del massiccio facciale è sicuramente minima e trascurabile rispetto alla complessità dell'intervento chirurgico.

Spesso la perdita della vitalità pulpare è una conseguenza di traumi dentali acuti.

Questi traumi consistono sia in perdite di sostanza o della continuità anatomica di un singolo dente (fratture dentarie), sia in distrazioni e lacerazioni del legamento periodontale, con conseguente allentamento dei rapporti alveolo-dentali (lussazioni).

Le lussazioni invece possono essere parziali (in questo caso si parla di sublussazione), quando gli elementi dentali colpiti sono solo spostati in direzione vestibolare o linguale, distale o mesiale, in estrusione o in intrusione, oppure totali, quando i denti perdono rapporto con i propri alveoli (22).

Vi sono denti che hanno subito traumi senza segni evidenti di frattura ed in

questi casi occorre non sottovalutare mai la possibilità di tardive degenerazioni pulpari; queste alterazioni sono più frequenti in denti con apice chiuso, ove sussiste un maggior pericolo che la circolazione pulpare possa subire alterazioni. Circa il 6% dei denti che subiscono infrazioni coronali presentano in seguito necrosi totale (23); nei traumi i denti non fratturati soffrono di lesioni pulpari perché l'energia del trauma viene trasmessa alla polpa ed ai tessuti circostanti. Tuttavia è necessario sottolineare che la polpa di un dente traumatizzato, pur se vitale, può non rispondere correttamente alle metodiche diagnostiche per accertare la vitalità pulpare. Tale fenomeno, detto "shock pulpare", controindica l'immediato ricorso alla terapia endodontica del dente interessato; occorre infatti controllare periodicamente il paziente per accertare lo stato della polpa, monitorizzando ogni trenta giorni, onde accertare l'effettiva necrosi prima di procedere ad una terapia canalare.

Nelle fratture dentali non complicate le radiografie ed i test di vitalità devono essere eseguiti a distanza di 6 mesi e ripetuti per almeno 2-3 anni, controllando, ad ogni esame radiografico, i sottili cambiamenti della lamina dura nella zona che circonda la radice; nei test pulpari risposte attenuate possono significare la perdita di vitalità.

La perdita di vitalità pulpare dopo fratture radicolari, secondo gli studi di Andreasen (24), è molto alta ed è pari al 44%. Il dente può reagire positivamente ai test di vitalità pulpare anche a distanza di tempo, poiché si ha una notevole produzione di dentina secondaria che oblitera una parte del canale radicolare, lasciando intatta la vitalità del segmento radicolare. Il meccanismo di guarigione di queste fratture è analogo a quello delle fratture ossee e può avvenire per produzione di tessuto calcificato da parte degli odontoblasti, per interposizione di tessuto connettivo ad opera di fibroblasti, di osso ad opera degli osteoclasti o per interposizione di tessuto di granulazione.

Nelle lussazioni, la risposta ai test di vitalità pulpare presenta spesso un periodo di negatività per circa un mese, per poi avere una risposta positiva; in alcuni casi il periodo di tempo può allun-

garsi fino ad un anno. La temporanea cessazione della normale eccitabilità nervosa è, secondo alcuni Autori, causata dalla pressione e dalla tensione nervosa nell'area apicale e, se è avvenuta una completa rottura delle fibre nervose, in genere occorrono circa 36 giorni perché si arrivi ad avere una reattività positiva ai test di vitalità (25).

Secondo Andreasen la prevalenza della necrosi pulpare nelle lussazioni è del 52% (26, 27).

Come i traumi dentali acuti anche i traumi cronici, continui e ripetuti, seppure di lieve entità, possono ripercuotersi a livello della polpa dentaria, compromettendone spesso la vitalità.

Per esempio, il bruxismo può comportare l'usura delle corone dentarie, soprattutto a carico delle superfici occlusali dei molari e dei premolari ed a livello dei margini incisivi dei denti anteriori; l'usura dello smalto può a volte essere così grave da mettere a nudo il tessuto dentinale, che può apparire pigmentato per l'assorbimento di sostanze coloranti presenti nei cibi e nel fumo e risultare così abraso da evidenziare in trasparenza la camera pulpare (28).

A volte nel caso di precontatti ed interferenze (29), creati da ricostruzioni o protesi incongrue, è possibile notare radiograficamente l'apposizione di dentina secondaria e terziaria con riduzione, o addirittura completa obliterazione dello spazio endodontico; in questi casi i test di vitalità pulpare possono dare una risposta negativa su denti ancora vitali.

Parodontopatie. È stata decisamente confermata la stretta relazione tra stato dei tessuti parodontali e stato della polpa dentale.

Le strutture di sostegno del dente (gengiva, osso alveolare, cemento radicolare e legamento alveolo-dentale) possono essere coinvolte nella malattia pulpare attraverso i prodotti di infiammazione che escono nelle strutture peripicali attraverso il forame apicale ed altri eventuali forami accessori; viceversa la malattia parodontale può colpire i vasi che entrano nel foro apicale.

Una grave mobilità dei denti può provocare un movimento sufficiente a schiacciare o addirittura strappare il fascio vascolo-nervoso apicale, con conseguente

alterazione dell'irrorazione pulpare; alcuni procedimenti necessari per la terapia parodontale possono inoltre provocare un danno pulpare (30).

L'infiammazione parodontale può raggiungere la polpa attraverso canali accessori più frequenti nel terzo apicale della radice, sia attraverso canali presenti alla biforcazione, presenti nel 55-63% dei molari (31), sia attraverso il forame apicale, caso in cui la malattia parodontale è assai estesa.

Una lesione parodontale provoca tuttavia solo raramente una necrosi della polpa, che è spesso dovuta ad un'altra etiologia; la necrosi di origine strettamente parodontale sembra si manifesti quando il forame apicale viene esposto direttamente alla contaminazione batterica per aumento della tasca, spesso all'ultimo stadio di una parodontopatia, quando si pone il problema della conservazione del dente e non quello della polpa (32).

Tecniche diagnostiche della vitalità pulpare

Mediante i test di vitalità pulpare è possibile indagare le condizioni cliniche del tessuto pulpare di elementi dentali, nei quali si sospetti la presenza di una patologia endodontica.

Tali test, che risultano di fondamentale importanza nella formulazione della diagnosi, hanno costituito nel tempo un argomento di studio per numerosi ricercatori.

Infatti, i primi sviluppi dei test di vitalità pulpare risalgono ai primi anni del 1900 (33), quando alcuni Autori affermarono che il primo riconoscimento dell'energia elettrica quale mezzo per stimolare la polpa dentale si ebbe nel 1859 quando Lobb applicò una corrente alternata agli elementi dentali per ottenerne l'anestesia (34).

Comunque, la prima utilizzazione di correnti elettriche a fini diagnostici sembra attribuita al Magitot che, nel suo *"Trattato sulla carie dentale"*, accennava al ricorso all'elettricità per individuare gli elementi affetti da carie presenti sulle arcate dentali (35).

Nello stesso periodo cominciarono a svilupparsi anche test basati sulle risposte agli stimoli termici, prodotti con gutta-perca riscaldata, con cloruro di etile (36) e con ghiaccio secco o neve carbonica

(37), dimostrando come il problema fosse sentito sempre maggiormente.

A tutt'oggi è possibile fare una classificazione chiara distinguendo test aspecifici e test specifici.

I test aspecifici sono destinati soprattutto ad altre finalità e comprendono l'esame diretto, la percussione, la transilluminazione e l'esame radiografico.

L'esame diretto è volto ad esaminare i denti non soltanto dal punto di vista endodontico, ma controllando anche le condizioni parodontali, la mobilità del dente e la profondità delle tasche gengivali; in questo modo si può, ad esempio, verificare se nella zona dei molari è stata colpita la forcazione oppure se una tasca gengivale arriva ad interessare l'apice.

Queste rilevazioni sono molto importanti ai fini della prognosi; il dente ed i tessuti molli circostanti devono essere mantenuti asciutti durante l'esame, in quanto può non essere rilevata, ad esempio, una fistola coperta dalla saliva. Quando si sospetta che un dente sia affetto da una pulpite, lo si esamina per individuare eventuali alterazioni come una frattura dentaria, una polpa scoperta, una carie, un'alterazione cromatica della corona, una lesione parodontale, un'abrasione.

La percussione è particolarmente importante, soprattutto per diagnosticare una parodontite apicale; se il parodonto apicale è infiammato, il dente diventa sensibile alla percussione verticale (28).

Il test di percussione, esercitato mediante il manico di uno strumento, dev'essere condotto anche sui denti adiacenti, per valutare eventuali differenze di intensità del dolore.

La transilluminazione si effettua mediante una fonte di luce a fibre ottiche (luce fredda) illuminando, chiaramente il dente esaminato, per valutarne la traslucenza; i denti non vitali mostrano, al contrario di quelli vitali, nessuna o soltanto scarsa traslucenza (38).

La transilluminazione serve anche per diagnosticare fratture verticali.

L'esame radiografico non è molto utile nella valutazione della vitalità pulpare, a meno che la lesione pulpare (necrosi) non abbia provocato reazione apicale o interessamento del tessuto os-

seo periapicale con riscontro radiografico di zone di osteolisi (39).

I test specifici comprendono i test termici, i test elettrici, il test cavitario, il test dell'anestesia.

I **test termici** sono basati sull'applicazione di stimoli caldi o freddi sul dente, forniscono indicazioni qualitative del tipo di alterazione pulpare; infatti, se al cessare dello stimolo la sensazione dolorosa permane, ci si orienta verso un'infiammazione grave; se, al contrario, il dolore termina col cessare dello stimolo, si può ipotizzare un'infiammazione medio-moderata.

A tale proposito può essere utile la Tabella (Tab. 1) proposta nel 1986 da This e Coll. che riassume le interpretazioni delle risposte ai test termici (40).

Secondo alcuni Autori (41), i test termici basati su prove di sensibilità al freddo sarebbero più attendibili di quelli basati sulla sensibilità al caldo e, comunque sia, prima di procedere all'esecuzione di qualsiasi test termico, sarebbe opportuno sempre saggiare la qualità della risposta del singolo paziente valutando innanzitutto un dente sicuramente vitale, onde poter confrontare il tempo di latenza e l'intensità della reazione dolorosa allo stimolo termico.

Test termici al freddo

I test termici più comuni sono quelli basati sull'utilizzazione del cloruro di etile.

Tale sostanza si trova in natura allo sta-

to gassoso ma, conservata liquida sotto pressione in appositi contenitori di vetro, viene vaporizzata su di un batuffolo di cotone mantenuto mediante pinzette ed applicata al terzo incisale vestibolare della corona del dente da esaminare.

La caratteristica di tale composto è quella di passare dallo stato liquido a quello cristallino raggiungendo temperature comprese tra i -10° ed i -25°C, causando un raffreddamento notevole dell'elemento dentale.

È bene confrontare la risposta avuta con quella di un altro elemento sano e, possibilmente con l'omologo controlaterale; è utile ricordare che, applicando lo stimolo sui restauri in composito ed in porcellana, si possono avere falsi negativi in quanto questi materiali possono fungere da isolanti e che, d'altra parte, le ricostruzioni metalliche possono dare falsi positivi, in quanto tendono ad accelerare la conduzione dello stimolo.

Nel caso di iperemia pulpare o di pulpite acuta, la sensibilità al dolore è più elevata e l'intervallo di tempo intercorrente fra l'applicazione dello stimolo e lo scatenamento del dolore è più breve rispetto alla stimolazione di polpa sana, mentre nel caso di pulpite cronica o di degenerazione della polpa si verifica spesso il contrario.

Il dolore indotto da stimolazione termica non può, comunque, costituire indicazione utile per poter valutare le

Dente sospetto = S Dente controllo = C	Nessuna reazione	Sensibile	Dolore
Nessuna reazione	S: non sono possibili interpretazioni	S: pulpite -reversibile -irreversibile	Test al freddo S: pulpite -reversibile -irreversibile Test al caldo S: -: necrosi +: pulpite
Sensibile	S: dentina terziaria o S: non vitale	Polpa biologicamente vitale	Test al freddo S: pulpite -reversibile -irreversibile Test al caldo S: -: necrosi S: +: pulpite
Dolore	S: dentina terziaria o S: non vitale	S: vitale (sensibilità diminuita da dentina terziaria o necrosi)	Polpa biologicamente vitale (soglia del dolore generalmente abbassata)

Tab. 1 - Possibile stato della polpa in relazione alla differente reazione del dente allo stimolo termico (This et al.).

condizioni istopatologiche di una polpa infiammata (42, 43); nel caso di una pulpite cronica, ad esempio, il dolore può essere scatenato dal freddo, dal caldo o da entrambi gli stimoli, oppure la polpa può addirittura non reagire affatto alle stimolazioni termiche.

Altri mezzi per ottenere una stimolazione col freddo, meno usati del precedente e che comunque hanno in comune col test al cloruro di etile la chiave di lettura, sono:

Ghiaccio. In questo caso si utilizzerà o una carpule riempita d'acqua e successivamente congelata oppure gli involucri di plastica degli aghi sempre riempiti d'acqua e poi congelati; il cilindro di ghiaccio che si formerà verrà applicato, mediante una garza o del cotone, sull'elemento da testare, ottenendo il raffreddamento del dente stesso.

Ghiaccio secco o neve carbonica. Secondo Ehrmann (44) tale metodo costituirebbe il test di vitalità per eccellenza; il procedimento consiste nell'uso di piccoli cilindri di ghiaccio secco, ottenuti per vaporizzazione sotto pressione di anidride carbonica liquida con una temperatura ottenuta pari a -78°C , -80°C . Per quanto riguarda tale test, molti Autori hanno sollevato riserve legate ad un eccessivo raffreddamento della superficie dentale che potrebbe causare un danno pulpare.

Lutz ed i suoi collaboratori (45), facendosi penetrare sostanze coloranti ed avvalendosi di un procedimento fotografico standardizzato per fluoroscopia, hanno dimostrato che le prove di sensibilità con neve carbonica possono provocare delle fissurazioni nella compagine dello smalto, proprio a causa della temperatura estremamente bassa. Peters et al., invece, sostengono che l'applicazione della anidride carbonica non danneggia lo smalto se il contatto del ghiaccio secco con la superficie del dente non supera i 15 secondi e che sono possibili danni tissutali se questo contatto va oltre i 2 minuti (46).

Composti fluorati. Tali composti sono il diclorodifluorometano (DDM) ed il diclorotetrafluoroetano (DTE); essi vanno spruzzati su una pallina di cotone sino alla formazione di cristalli e poi portati sull'elemento dentale determinando un abbassamento di temperatura fino a -50°C (47).

È stato ipotizzato anche l'uso del freon 12, ma sussistono forti perplessità legate alla tossicità in seguito ad inalazioni che avrebbero portato, seppure in campo non odontoiatrico, a morti improvvise per arresto cardiocircolatorio (48).

Altro particolare dei clorofluorocarburi, per cui se ne sconsiglia l'uso, è che riducono lo strato di ozono presente nell'atmosfera terrestre; i raggi ultravioletti, non venendo filtrati a sufficienza, provocherebbero alterazioni climatiche in grado di minare l'equilibrio biologico presente nel nostro pianeta.

Test termici al caldo

La prova di sensibilità al calore ha un'importanza controversa a seconda delle esperienze dei singoli Autori.

Infatti, per alcuni (49), il test al caldo è solo un ripiego in assenza di altre possibilità diagnostiche, mentre per altri (50) è addirittura dannoso, poiché le stimolazioni dolorifiche si avrebbero solo al di sopra di $70-80^{\circ}\text{C}$, temperature ben più alte di quelle necessarie per avere la coagulazione delle proteine della polpa; per altri ancora (51, 52), questo test di vitalità sarebbe il più selettivo ed importante, tale da consentire di individuare con certezza le pulpopatie da trattare con terapia endodontica.

Test alla guttaperca. Per effettuare tale test diagnostico si utilizzano più comunemente bastoncini di guttaperca che vengono riscaldati sulla fiamma di un fornello ad alcool o su di un becco di Bunsen, finché si ammorbidiscono.

La modalità di uso è semplice: asciugata la superficie del dente con un batuffolo di cotone ed isolata con vaselina o burro di cacao per evitare l'adesione della guttaperca, il bastoncino scaldato viene applicato al terzo incisale od occlusale della corona e, in assenza di risposta, mosso con cautela verso la porzione centrale.

Quando si ottiene una risposta, la guttaperca va rimossa immediatamente per evitare che il surriscaldamento della polpa possa essere causa di iperemia.

Altri test al caldo. La stessa procedura può essere eseguita con un brunitore riscaldato, con della cera o pasta di Kerr riscaldata, oppure con un getto di aria calda.

Test elettrici

Il test elettrico, indifferentemente basato su correnti continue o alternate, informa sulla presenza di fibre nervose sensitive vive nella polpa; lo si può definire come un test di sensibilità ma non è in grado di determinare la presenza di infiammazione o di necrosi parziale della polpa.

In base al tipo di corrente emessa dallo stimolatore elettrico si distinguono pulp-tester a bassa frequenza, ad alta frequenza, faradica o galvanica; quelli più impiegati sono a bassa frequenza, dal momento che in essi la tensione emessa può essere gradualmente regolabile (53).

Per poter effettuare questo test ci si serviva in passato di due tipi di apparecchi, differenziati in base al numero di elettrodi: quello monopolare e quello bipolare.

Il pulp-tester bipolare era fornito di un elettrodo che veniva posto vestibolarmente ed uno lingualmente, o palatalmente, alla corona dell'elemento da esaminare; la corrente elettrica passava attraversando la corona da un elettrodo all'altro, saggiando la vitalità pulpare; però la scarsa praticità della metodica causata dalla necessità di una grossa precisione nel posizionare gli elettrodi stessi ha fatto sì che il pulp-tester bipolare fosse sostituito da quello monopolare.

Quest'ultimo è costituito da un solo elettrodo da posizionare sulla corona dell'elemento da esaminare; si viene così a formare un circuito nel quale la corrente passa attraverso il corpo dell'operatore che con una mano impugna il pulp-tester e con l'altra tocca la guancia o il labbro del paziente.

Originariamente gli apparecchi erano molto ingombranti e collegati alla corrente di rete; le loro dimensioni si sono via via sempre più ridotte fino alla realizzazione di modelli transistorizzati a pila, che vengono impiegati per la loro facilità di spostamento e maneggevolezza e di modelli in grado di quantificare la soglia dello stimolo doloroso su un display ed in grado di aumentare automaticamente e progressivamente il voltaggio, con notevoli benefici per i pazienti, che avvertono meno l'improvvisa e sgradevole sensazione dolorosa (54).

Sussistono ancora dubbi sulla possibilità di poter stimolare le sole fibre nervose pulpari servendosi di un apparecchio monopolare, anche se sono stati provati (55-57) sia il flusso principalmente pulpare della corrente, sia la maggiore reattività delle fibre nervose pulpari rispetto a quelle parodontali. Secondo Mumford et al., il rischio di stimolare fibre nervose non pulpari è molto limitato finché si utilizza un'intensità di corrente "accettabile"; tuttavia i tentativi di Matthews e Searle (58) e di Matthews et al. (59) per definire l'effettiva intensità di tale corrente non hanno portato ad indicazioni definitive.

Evento molto importante da tenere sempre nella dovuta considerazione è che il test elettrico non può essere utilizzato nei pazienti portatori di pacemaker in quanto genera correnti che ne potrebbero alterare il funzionamento, con notevole rischio per i pazienti stessi.

Per eseguire correttamente un test elettrico pulpare, il dente va isolato con rulli di cotone ed il campo asciugato con garza, perché l'umidità porterebbe ad una lettura imprecisa; non è indicato asciugare i denti con il getto d'aria in quanto, con tale manovra, è possibile causare la diffusione della flora orale nell'ambiente e provocare dolore nei denti sensibili alle variazioni termiche. Una quantità sufficiente di una sostanza conduttrice, come una pasta dentifricia, va applicata sul dente da esaminare; la viscosità del dentifricio impedisce il suo debordamento sulla gengiva e pertanto evita una risposta falsamente positiva.

Numerosi studi hanno valutato il miglior sito di posizionamento dell'elettrodo sulla superficie dei denti avendo risultati differenti: alcuni Autori suggeriscono di posizionare l'elettrodo sul terzo incisale della superficie vestibolare della corona (60, 61), altri sul terzo medio (31, 59, 62, 63), altri ancora sul terzo gengivale (64, 65).

Secondo i più recenti studi il miglior posizionamento dell'elettrodo, inteso come quello che genera la più bassa risposta al paziente, è invece sul bordo incisale per i denti anteriori e sulle cuspidi per quelli posteriori (66); ciò è dovuto al fatto che la maggiore concen-

trazione di fibre nervose nella polpa è nella zona dei cornetti (67) e che i tubuli dentinali sono disposti in linea retta dal bordo incisale al cornetto pulpare, al contrario delle altre zone dove sono disposti formando una linea curva (66).

Solamente quando il bordo incisale è consumato, con esposizione della dentina, l'elettrodo deve essere posizionato sul terzo incisale della superficie labiale del dente, per evitare una risposta spiacevole e dolorosa al paziente (66).

Una volta avvenuto il contatto tra dente ed elettrodo e chiuso il circuito, toccando con la mano la guancia o il labbro del paziente, l'operatore incrementa lentamente e progressivamente lo stimolo finché il paziente, preventivamente istruito, non segnali una sensazione calda o puntoria del dente.

Se il dente è pluricuspidato il test deve essere eseguito su tutte le cuspidi; un canale radicolare infatti potrebbe essere vitale e gli altri necrotici.

Anche nel test elettrico è bene fare la prova preliminare sul dente adiacente e su quello controlaterale, presumibilmente sani, come confronto e come taratura della risposta normale nel paziente in esame.

Con l'incremento di casi di AIDS ed il rischio sempre presente di contrarre l'infezione da HBV, recentemente si è reso necessario lo studio di metodi per utilizzare il test elettrico pulpare indossando i guanti.

Precedentemente Cooley e Stilley ritenevano che uno degli svantaggi dell'uso del test elettrico della polpa era quello che l'operatore non doveva indossare guanti di gomma poiché, essendo costituiti da materiale isolante, interrompevano il circuito che si veniva a creare tra paziente ed odontoiatra (68).

Diversi Autori (69-71) consigliano di utilizzare il test proteggendosi le mani con i guanti e di far toccare al paziente il manico metallico della sonda prima che la punta di quest'ultima abbia raggiunto il contatto con la superficie del dente; in questo modo il circuito si verrebbe a formare tra paziente e sonda metallica, escludendo l'operatore.

Altro vantaggio di questa tecnica è quello di far partecipare al procedimento diagnostico direttamente il pazien-

te, essendo lui stesso a chiudere il circuito elettrico toccando il manico della sonda, e di far diminuire il disagio per il paziente, essendo lui stesso ad interrompere il circuito non appena abbia avvertito lo stimolo elettrico.

L'accertamento della vitalità dei denti protesizzati mediante corone o che fungono da pilastri di ponte può risultare difficile.

Mentre nei test termici l'applicazione del caldo o del freddo sulla corona deve essere ripetuta più volte, nei test elettrici speciali punte molto sottili possono essere aggiunte alla fine dell'elettrodo per raggiungere un contatto con la dentina o il cemento, sotto il margine della corona protesica, dopo aver ottenuto una temporanea recessione gengivale con filo retrattore (72).

Pantera ed Anderson consigliano invece l'uso di uno strumento dentale con punta sottile (una sonda a falce o un file), che funga da ponte tra la parte terminale dell'elettrodo del test e le zone sottogengivali del dente che si vogliono raggiungere (73).

Durante l'esame della vitalità pulpare i risultati possono essere condizionati da diversi fattori esterni; quelli principali sono:

- stato mentale ed emozionale: pazienti molto apprensivi (spesso i bambini) possono rispondere in maniera abnorme al test diagnostico per una bassa soglia al dolore;
- livello della soglia del dolore: ogni individuo ha una diversa soglia del dolore che può variare anche di giorno in giorno;
- influenza di farmaci: alcool, analgesici, sedativi, ipnotici, tranquillanti possono mascherare la vera reazione del paziente allo stimolo, elevando la soglia del dolore (74);
- età: i denti decidui possono non dare risultati probanti al test elettrico pulpare convenzionale, mentre i denti permanenti con apici non completamente formati, come accennato prima, possono dare un falso positivo;
- situazione trofo-metabolica: denti traumatizzati di recente, o sottoposti a trattamento ortodontico, possono rispondere irregolarmente oppure non rispondere al test di vitalità.

La valutazione dei risultati del test elet-

trico è difficile e ha limiti ben definiti; denti di maggiori dimensioni, come i molari, hanno bisogno di maggiore intensità di corrente per dare una risposta. Il pulp-tester elettrico non sempre rileva la situazione oggettiva: esistono infatti condizioni in cui un dente con polpa necrotica, o parzialmente necrotica, può causare una risposta positiva alla stimolazione elettrica (questo è definito un "falso positivo").

Al contrario, un dente con polpa sana e vitale può non rispondere alla stimolazione elettrica ("falso negativo").

Le circostanze che portano ad un falso positivo sono (28):

- saliva sul dente che trasmette lo stimolo elettrico ai tessuti parodontali di un dente vitale contiguo;
- passaggio di corrente elettrica da un dente non vitale ad un dente vitale, attraverso estese ricostruzioni metalliche prossimali (ciò può essere evitato isolando i denti con una piccola diga di gomma);
- dente pluriradicolato con tessuto pulpare vitale in un canale (un dente di questo tipo può dare una risposta normale);
- elettrodo applicato troppo vicino alla gengiva marginale;
- pressione sulla superficie occlusale provocata dall'elettrodo sui denti in preda a parodontite apicale acuta;
- intensità di stimolazione elettrica eccessiva.

Le circostanze che portano ad un falso negativo comprendono (28):

- diffusa calcificazione del tessuto pulpare;
- denti decidui;
- denti in trattamento ortodontico;
- presenza di dentina riparativa che oblitera la camera pulpare ed isola la polpa vitale dallo stimolo elettrico (ciò spesso deriva da ampie ricostruzioni o da incappucciamenti pulpari);
- dente con apice non completamente formato;
- insufficiente contatto tra l'elettrodo e le superfici del dente;
- denti traumatizzati di recente (75);
- paziente che ha ingerito entro le ultime 3-4 ore alcool o analgesici, ipnotici, tranquillanti;
- batterie scariche;
- mancata accensione dell'apparecchio.

Interpretazione di risultati

L'interpretazione dei risultati del test elettrico di vitalità pulpare non è delle più semplici; comunque è possibile affermare che:

- a) una polpa normale reagisce all'impulso elettrico, ma la reazione cessa col cessare dello stimolo;
- b) una polpa iperemica tende a reagire a stimoli di intensità minore rispetto ad una normale;
- c) una polpa affetta da flogosi cronica risponde a valori di stimolazione molto elevati, spesso con apparecchio a fondo scala;
- d) una polpa necrotica o gangrenosa non risponde alla stimolazione elettrica, anche con apparecchio a fondo scala;
- e) anche in caso di ascesso, granuloma o cisti non si ottiene alcuna risposta.

Altri test

Test della cavità

Nel caso non sia ancora stato possibile pronunciarsi con chiarezza sulle effettive condizioni di vitalità o meno della polpa, nonostante le prove termiche e l'esame elettrico siano stati già effettuati, rimane la possibilità di ricorrere, per una chiara determinazione della sensibilità pulpare, al test della cavità. Il dente interessato non anestetizzato viene perforato con una fresa diamantata tonda e se, procedendo con la preparazione fino alla giunzione smaltodentina, non si manifesta alcun dolore, si può supporre che la polpa del dente sia necrotica; se si avverte un dolore intenso la polpa è vitale, se si avverte invece soltanto una certa sensibilità si tratta di una necrosi parziale della camera pulpare.

In caso di mancata risposta allo stimolo si può provare la stimolazione termica della cavità preparata oppure, dove la cavità lo permetta, si può utilizzare il pulp-tester elettrico, avendo cura di immettere un'intensità di stimolazione inferiore rispetto alla norma.

Per motivi estetici, la cavità nei denti anteriori viene preparata in corrispondenza del cingolo o della fossetta linguale, nei denti posteriori sulla faccia occlusale; se ci si trova di fronte ad un dente già restaurato, è meglio rimuovere e sostituire l'otturazione, piuttosto

che creare una nuova cavità.

Test dell'anestesia

Nelle rare circostanze di dolore diffuso di origine non ben definita e quando tutti gli altri test non hanno dato risultati, si può allora ricorrere all'infiltrazione selettiva di anestetico, oppure all'anestesia di conduzione.

Questo test è basato sulla diagnosi per esclusione, formulata tramite l'eliminazione del dolore dopo l'anestesia.

Se il paziente, ad esempio, accusa dolore nella regione dei denti laterali superiori di destra, si interviene con un'iniezione per eliminare il dolore di dente in dente; se non si ottiene alcun risultato, dopo aver anestetizzato tutti i denti laterali superiori di un quadrante, si deve supporre che il dente dolente si trovi nell'arcata antagonista.

Il tipo di anestesia più opportuno nell'esecuzione di questo tipo di test, secondo Vignoletti (76), è l'intraligamentosa poiché la plessica non possiede un effetto anestetico localizzato.

Test sperimentali non invasivi

Test mediante flussimetria Laser-Doppler

Questo test, già utilizzato con successo in altri campi della medicina ed applicato in odontoiatria da Gazelius nel 1986 (77), permette di misurare in maniera non invasiva il flusso sanguigno della polpa dentaria.

Clinicamente si attua dirigendo verso il dente una sonda emettente un raggio laser di lunghezza d'onda di 632,8 nm (78) che incontrando i globuli rossi in movimento sarà deviato, mentre una porzione della luce sarà respinta fuori dal dente e diffusa in un fotorelevatore; la misurazione di tale porzione di luce può essere considerata un indice di flusso sanguigno pulpare.

La valutazione della circolazione pulpare rappresenta un considerevole perfezionamento dei metodi convenzionali per accertare la vitalità dentale, considerando che questi ultimi ne rilevano solo la sensibilità. È quindi immediata la grande utilità del test, soprattutto nei casi di denti traumatizzati che inizialmente risultano negativi ai test termici ed elettrici a causa del danno reversibile alle fibre nervose sensitive (79). Questo recente metodo richiede tuttavia un preciso posizionamento della

sonda sulla superficie del dente ed è inattuabile su denti con ricostruzioni metalliche, che interromperebbero il passaggio del raggio (80, 81).

La flussimetria laser-Doppler, avendo come principale vantaggio la non invasività, data dalla mancanza di sensazioni dolorifiche avvertite dal paziente e la maggior certezza di risultati, mancando la componente soggettiva del paziente stesso, potrà in un futuro essere di buon ausilio per la valutazione della vitalità dentale.

Test mediante pulso-ossimetria

La pulso-ossimetria determina la saturazione di ossigeno ed il tasso di pulsazione del sangue presente nella polpa dentaria (82).

Il principio di funzionamento consiste nell'emissione di un fascio di luce di due diverse lunghezze d'onda (760nm, la luce rossa, e 850nm, la luce infrarossa) (83) che attraversa il dente e viene raccolta da un fotorilevatore; la differenza di luce emessa e luce ricevuta viene calcolata da un circuito elettronico per fornire il tasso di pulsazione e la saturazione d'ossigeno (84).

L'ossiemoglobina assorbe meno luce rossa che la deossiemoglobina; è il rapporto dell'assorbimento delle due lunghezze d'onda che fornisce la percentuale d'ossigenazione del sangue.

Prerogativa molto importante per l'affidabilità di questo test è l'assoluta immobilità tra la sonda emettente il fascio di luce ed il dente; quest'ultimo deve essere isolato mediante diga di gomma e deve essere ricoperto con gel sul punto di applicazione della punta della sonda per aumentare la trasmissione della luce.

Questa moderna tecnica, ancora in via di perfezionamento, evita quelle sensazioni spiacevoli che si verrebbero ad avere utilizzando test convenzionali e risulta particolarmente utile per la valutazione della vitalità pulpare in pazienti non collaboranti, handicappati, ansiosi e in quelli che assumono regolarmente farmaci sedativi o analgesici (85).

Termografia

Questa tecnica si basa sul principio della captazione dell'onda infrarossa emessa dal tessuto pulpare; un sistema

ottico-meccanico converte l'energia termica in segnali elettrici, a loro volta trasformati su monitor in bianco e nero o a colori (86).

Questo permette di realizzare delle mappe termiche della regione inquadrata, che risultano esattamente controllabili e ripetibili nel tempo.

Alcuni Autori in passato avevano cercato di applicare la termografia a raggi infrarossi anche nella diagnosi odontoiatrica, ma senza risultati apprezzabili (87).

Test mediante Xenon133

Tale test misura il flusso del sangue nella polpa dentale mediante l'iniezione di Xenon radioattivo.

Il test viene effettuato iniettando Xenon133 nell'arteria mascellare o mandibolare e monitorando la radioattività presente nei vasi della polpa del dente da esaminare attraverso una speciale sonda collegata ad un analizzatore elettronico (88).

Il metodo mostra l'esistenza di due diverse componenti del flusso sanguigno, una lenta ed una veloce. I risultati del test mostrano l'eterogeneità del flusso sanguigno della polpa anche se non permettono ancora di identificare l'esatta localizzazione anatomica delle due componenti.

Questo metodo, misurando il flusso sanguigno della polpa, consente di studiare la fisiologia della circolazione in presenza di polpa normale e nei casi di pulpopatie (88).

Il più grande vantaggio di questo metodo consiste nella possibilità di effettuare misurazioni ripetute, non influenzabili da fattori esterni.

Test mediante TLP (transmitted light photoplethysmography)

Sono stati fatti recentemente degli studi (89) registrando la luce trasmessa in fotoplethysmografia su denti permanenti vitali e non vitali tenendo come gruppo di controllo le dita indice della mano dei partecipanti; le onde di pulsazione trasmesse sono state registrate. I risultati hanno confermato che non era presente segnale di pulsazione nei denti non vitali e le conclusioni hanno confermato che la TLP può essere utilizzata per scoprire la presenza di flusso sanguigno pulpare e quindi può es-

sere applicata nella diagnostica della vitalità pulpare.

CONCLUSIONI

Lo studio effettuato ha evidenziato l'importanza dei test di vitalità pulpare come ausilio prezioso per la formulazione della diagnosi corretta ed accurata di una patologia endodontica.

Sono stati presi in esame i principali mezzi diagnostici della vitalità pulpare, considerandone le modalità di applicazione, i caratteri, le precauzioni d'uso, i vantaggi e gli svantaggi di ogni tecnica. I principali svantaggi che presentano le tecniche attuali e che spesso ne limitano l'applicazione clinica sono: l'invasività anche dei tessuti dentali sani, le risposte spesso condizionate dallo stato emozionale del paziente (basti pensare allo stress subito durante la prestazione odontoiatrica che normalmente abbassa la soglia del dolore), l'eventuale assunzione da parte del paziente di farmaci ipnotici, ansiolitici, o antidolorifici che, al contrario, innalzano la soglia del dolore.

Esiste, inoltre, la possibilità di avere falsi positivi o falsi negativi o addirittura una diagnosi totalmente incerta in quei denti pluriradicati che potrebbero avere la polpa di un canale radicolare vitale e quella degli altri canali non vitale.

Ecco quindi che si pone il problema della complessità dell'interpretazione dei risultati di alcuni test, che si contrappongono al vantaggio non trascurabile rappresentato dalla semplicità di attuazione e dall'economicità della gran parte dei test sopra menzionati.

Questi inconvenienti hanno spinto gli studiosi del settore a sviluppare nuove metodiche non invasive per la determinazione della vitalità pulpare: in particolare il test mediante flussimetria laser-Doppler, ed il test pulso-ossimetrico, avendo come vantaggio la non invasività e mancando la componente soggettiva del paziente, pur rappresentando soluzioni ancora sperimentali, sicuramente in futuro potranno essere un ottimo ausilio per la valutazione della vitalità pulpare.

BIBLIOGRAFIA

1. Negri PL, Marci F, Corbacelli A. Elementi di patologia odontostomatologica e chirurgia maxillo-facciale. *Japadre, L'Aquila*, 1985.
2. Lloyd Dubrul E. Anatomia Orale di Slicher. *Edi-Erme, Milano*, 1982.
3. Manzoni T. Fisiologia dell'apparato stomatognatico. *USES, Firenze*, 1982.
4. Brannstrom M. The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparation, caries and dentinal crack syndrome. *J Endod* 1986; 12.
5. Mjori IA, Fejerskov O. La struttura del dente umano. *Edi-Erme, Milano*, 1981.
6. Zerosi C. Su alcuni aspetti morfologici della matrice fibrillare della polpa di denti decidui in riassorbimento. *Revue Mens suisse Odont e Stomat* 1965; 75: 123-126.
7. Bernick S. Vascular and nerve changes associated with the healing of the human pulp. *Oral Surg* 1972; 33: 983.
8. Rapp R, Avery JK, Rector RA. A study of the distribution of nerves in human teeth. *J Can Dent Assoc* 1957; 23: 447-453.
9. Byers MR, Matheus B. Autoradiographic demonstration of ipsilateral and contralateral sensory nerve endings in cat dentin, pulp and periodontum. *Anat Rec* 1981; 201: 245-260.
10. Towbridge H. Interdental sensory units: Physiological and dental aspects. *J Endod* 1981; 11.
11. Byers MR, Kish SJ. Delineation of somatic nerve endings in rat teeth by radioautography of axontransported protein. *J Dent Res* 1976; 55: 419-425.
12. Pohito P, Antilla R. Innervation of blood vessels in the dental pulp. *Int Dent J* 1972; 22: 228-239.
13. Johnsen DC, Harshbarger J, Rjmer HD. Quantitative assessment of neural development in human premolars. *Anat Rec* 1983; 205: 421-429.
14. Reader A, Foreman DW. An ultrastructural qualitative investigation of human interdental innervation. *J Endod* 1981; 7: 493-499.
15. Guyton AC. Trattato di fisiologia umana. *Piccin, Padova*, 1982.
16. Sessle Barry J. Modulation of alpha and gamma trigeminal motoneurons by various peripheral stimuli. *Exp Neurol* 1977; 54: 323-339.
17. Smith E, Dickson M, Evans AL, Smith D, Murray CA. An Evaluation of the use of tooth temperature to assess human pulp vitality. *Int Endod J* 2004; 37: 374-80.
18. Moreschi T, Gorni F. Sviluppo di calore e danno pulpale: considerazioni cliniche sull'uso di una nuova fresa per preparazioni protesiche. *Dent Cadmos* 1985; 53: 65-73.
19. Goracci G, Sampalmieri F, Ghirlanda C, Papa C. Isolamento termico della polpa dentale mediante materiali da sottofondo. *Dent Cadmos* 1989; 57: 38-50.
20. Robertson PB, Luscher B, Spangberg LS, Levy BM. Pulpal and periodontal effects of electrosurgery involving cervical metallic restorations. *Oral Surg* 1978; 46: 702-710.
21. Chimenti C, Di Paolo C, Agostini G, Martucci E. Controllo a distanza della vitalità e della sensibilità dentale dopo osteotomie multiple del massiccio facciale. *Minerva Stomatol* 1985; 34: 923-929.
22. Antenucci F, Giannoni M, Baldi M. Lussazione dei denti anteriori decidui. *Dental Cadmos*, 1990; 1: 50-58.
23. Vernole B, Caprioglio D. I postumi dei traumi dei denti anteriori. *Dent Cadmos* 1986; 54: 15-40.
24. Andreasen JO. Traumatic injuries of the teeth. *Ed. Munksgaard, Copenhagen*, 1981.
25. Vreven J, Jones P, Van Nieuwenhuysen JP, Lasfargues JJ. Depulpate. Perché? Quando? *Attual Dent* 1990; 42/43: 13.
26. Andreasen JO. Traumatic injuries of the teeth. *Ed. Munksgaard, Copenhagen*, 1981.
27. Andreasen FM, Pedersen BV. Prognosis of luxated permanent teeth. The development of pulp necrosis. *End Dent Traumatol* 1985; 1: 207-220.
28. Marci F, Chimenti C, Giannoni M. Studio clinico del paziente odontostomatologico. *Masson, Milano*, 1991.
29. Hejne AJ. The influence of occlusal interferences on pulp vitality threshold in permanent dentition. *Ann Acad Med Stetin* 2003; 49: 277-89.
30. Lindhe J. Parodontologia. *Edi-Erme, Milano*, 1984.
31. Cohen S, Burns RC. Clinica e terapia delle pulpopatie. *Piccin, Padova*, 1985.
32. Saffar JL, Giovannoli JL. Echanges reciproques entre les pathologies pulpaire et parodontales. *J de Parodontol* 1988; 7: 123-129.
33. Prinz H. Diseases of the dental pulp. *Diagnosis Dent Cosmos* 1919; 61: 308.
34. Lobb H.W. Electricity in dental surgery. *Dent Rev (Br.)* 1859; 1: 10.
35. Magitot E. Treatise in dental caries. *T.H. Chandler (trans.), Osgood & Co., Boston, Houghton*, 1878.
36. Jack L. Observations of the relation of thermal irritation of the teeth to their treatment. *Dent Cosmos* 1889; 41: 1.
37. Back R. Vitalitätsprüfung der zahne mittels kohlenauerschnee. *Zahnartztl* 1936; 4: 309.
38. Hill CM. The efficacy of transillumination in vitality tests. *Int Endod J* 1986; 19: 198.
39. Abou-Rass. La "polpa da stress": un concetto diagnostico in terapia endodontica e ricostruttiva. *Mondo Odontostomatol* 1983.
40. Thys M, Dermaut L, D'hauwers R. Tests pulpaire comme moyen de diagnostic. *Revue de la littérature et application clinique. Rev Belg Med Dent* 1986; 41: 116.
41. Fuhr K, Scherer W. Prüfmethode und ergebnisse vergleichender untersuchungen zur vitalitätsprüfung von zahnen. *Dtsch Zahnartzl Z* 1968; 23: 1344.
42. Seltzer S, Bender IB, Zientz M. The dynamics of pulp inflammation: correlation between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. *Oral Surg* 1963; 16: 846.
43. Langeland K, Anderson DM, Cotton WR, Shklar IL. Microbiological aspects of dentin caries and their pulpal sequelae. International Symposium on Amalgam and Tooth-colored Restorative Materials. *University of Nijmegen, OP-Dent., Nijmegen, The Netherlands*, 1976.
44. Hermann EH. Pulp tester and pulp test: the particular reference to the use of dry ice. *Aust Dent J* 1977; 22: 272.
45. Lutz F, Norman W, Lutz T. Schmelzprünge durch die vitalitätsprüfung mit kohlenauerschnee? *Schweiz Mschr Zahnheilk* 1974; 84: 709.
46. Peters DD, Mader CL, Donnelly JC. Evaluation of carbon dioxide used as a pulpal test 3. *In vivo* effect on human enamel. *J Endod* 1986; 12: 13.
47. Ingle JI, Beveridge EE. Endodontics. *Lea & Febiger, Philadelphia*, 1976.
48. Towbridge HO. Pulpitis. *J Am Dent Assoc* 1985; 110: 479.
49. Mayer R. Zur feststellung der vitalität der pulpa. *Dtsch Zahnartzl Z* 1975; 20: 307.
50. Pilz W, Gangler P. Über das physiologische und pathologische verhalten der pulpa und des parodontiums in klinik und experiment. *Dtsch Stomat* 1969; 19: 161.
51. Pecchioni A. Endodonzia: manuale di tecnica operativa. *Istituto per la Comunicazione Audiovisiva, Milano*, 1978.
52. Petersson K, Söderström C, Kiani-Anaraki M, Lévy G. Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality. *Endod Dent Traumatol* 1999; 15: 127-31.
53. Kim D, Nam K, Lee S, Kim S. Minimizing excessive stimulus during electric pulp testing. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2005; 7: 6703-5.
54. Ciancaglini R, Sorini M, Vogel G. Razionalità tecnico-ergonomica di una stimolatore elettrico della polpa dentale di nostra

- progettazione. *Mondo Odontostomatol* 1984; 1: 49-55.
55. Mumford JM. Pain perception threshold on stimulating human teeth and the istological condition of the pulp. *Br Dent J* 1967; 123: 427.
56. Newton AV, Mumford JM. Current paths through analogues of human teeth. *Archs Oral Biology* 1969; 14: 669.
57. Nahri M E Coll. Electrical stimulation of the teeth with a pulp tester in the cat. *Scand J Dent Res* 1979; 87: 32.
58. Matthews B, Searle B. Some observations on pulp testers. *Br Dent J* 1974; 137: 352.
59. Matthews B, Searle BN, Adams D, Linden R. Thresholds of vital and nonvital teeth to stimulation with electric pulp testers. *Br Dent J* 1974; 137: 352-355.
60. Grossmann LI. Endodontic practice. *Lea & Febiger, Philadelphia*, 1981: 17-22.
61. Jones EH. Battery powered vitality testers. *Aust Dent J* 1967; 12: 147-151.
62. King DA. Pulp vitality test. *J Acad Gen Dent* 1972; 20: 35.
63. Jacobson JJ. Probe placement during electric pulp testing procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58: 242-247.
64. Cooley RL, Robinson SF. Variables associated with electric pulp testing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 50: 66.
65. Martin H, Ferris C, Mazzella W. An evaluation of media used in electric pulp testing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969; 27: 374-378.
66. Bender IB, Landau MA, Fonseca S, Towbridge HO. The optimum placement-site of the electrode in electric pulp testing of the 12 anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1989; 118: 305-310.
67. Lilja J. Sensory differences between crown and root dentin in human teeth. *Acta Odontol Scand* 1980; 38: 285-294.
68. Cooley RL, Stilley J, Lubow RM. Evaluation of a digital pulp tester. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58: 437-442.
69. Anderson RW, Pantera EA. Influence of a barrier technique on electric pulp testing. *J Endod* 1988; 14: 179-180.
70. Kolbinson DA, Teplitsky PE. Electric pulp testing with examination gloves. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 65: 122-126.
71. Cailleteau JG, Ludington JR. Using electric pulp tester with gloves: a simplified approach. *J Endod* 1989; 15: 80-81.
72. Kost WJ. Communication and the difficult endodontic diagnosis patient. *J Can Dent Assoc* 1989; 55: 291-292.
73. Pantera EA, Anderson RW, Pantera CT. Use of dental instruments for bridging during electric pulp testing. *J Endod* 1992; 18: 37-38.
74. Shultz J, Gluskin AH. Rethinking clinical endodontic diagnosis. *J Calif Dent Assoc* 1991; 19: 15-22.
75. Bashar SN, Rappaport HM. Dental vitality tests and pulp status. *J Am Dent Assoc* 1973; 86: 409.
76. Vignoletti G. Le reazioni della polpa alla carie. *Il Dentista Moderno* 1984; 9: 1360.
77. Gazelius B, Olgart L, Edwall L. Non invasive recording of blood flow in human dental pulp. *End Dent Traumatol* 1986; 2: 219-221.
78. Emshoff R, Moschen I, Strobl H. Use of laser Doppler flowmetry to predict vitality of luxated or avulsed permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 98: 750-5.
79. Olgart L, Gazelius B, Lind-Stromberg V. Laser-doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *Int Endod J* 1988; 21: 300-306.
80. Roeykens H, Van Maele G, Martens L, De Moor R. A two-probe laser Doppler flowmetry assessment a san exclusive diagnostic device in a long-term follow-up of traumatised: a case report. *Dent Traumatol* 2002; 18: 86-91.
81. Evans D, Reid J, Strang R, Stirrups D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Endod Dent Traumatol*. 1999; 15: 284-90.
82. Radhakrishnan S, Munshi AK, Hedge AM. Pulse osimetry: a diagnostic instrument in pulpa vitality testing. *J Clin Pediatr Dent* 2002; 26: 141-5.
83. Nissan R, Trope M, Cheng-Duo Zhang, Chance B. Dual wavelength spectrophotometry as a diagnostic test of the pulp chamber contents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74: 508-514.
84. Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. *J Endod* 2007; 33: 411-4.
85. Schnettler JM, Wallace JA. Pulse-oximetry as a diagnostic tool of pulpal vitality. *J Endod* 1991; 17: 488-490.
86. Kells BE, Kennedy JG, Biagioni PA, Lamey PJ. Computerized infrared thermographic imaging and pulpal blood flow: Part 2. Rewarming of healthy human teeth following a controlled cold stimulus. *Int Endod J* 2000; 33: 448-62.
87. Crandell CE, Hill RP. Thermography in dentistry: a pilot study. *Oral Surg* 1966; 21: 316.
88. Kim S, Schuessler G, Chien S. Measurement of blood flow in the dental pulp of dogs with the Xenon133 washout method. *Archs Oral Biol* 1983; 28: 501-501.
89. Miwa Z, Ikawa M, Iijima H, Saito M, Takagi Y. Pulpal blood flow in vital and non vital young permanent teeth measured by transmitted-light photoplethysmography: a pilot study. *Pediatric Dent* 2002; 24: 594-8.