

Implantologia moderna basata sull'osteointegrazione: 50 anni di progresso, attuali tendenze e questioni aperte

Negli ultimi 50 anni, l'implantologia si è evoluta da un trattamento sperimentale a un'opzione altamente predicibile per sostituire i denti mancanti con protesi supportate da impianti.

Si tratta di una modalità di trattamento ampiamente utilizzata nella pratica quotidiana per pazienti completamente e parzialmente edentuli, perché la moderna terapia implantare offre non solo significativi vantaggi funzionali e biologici per molti pazienti rispetto alle protesi fisse o rimovibili tradizionali, ma produce anche ottimi risultati a lungo termine, come documentato da numerosi studi decennali con tassi di successo e di sopravvivenza superiori al 95% (46,80,89,98). Questa svolta nella riabilitazione orale è iniziata 50 anni fa con la scoperta che gli impianti in titanio commercialmente puro, potevano ottenere un ancoraggio nell'osso con un contatto diretto osso-impianto. Il più importante pioniere dell'implantologia moderna è stato il Professor P. I. Brånemark dell'Università di Göteborg (Svezia) che ha eseguito i primi studi preclinici e clinici negli anni '60 (33). Più tardi, egli definì questo fenomeno di osteointegrazione (32), che è oggi un termine ampiamente accettato. Alla fine degli anni '60, il secondo pioniere, il professor André Schroeder dell'Università di Berna (Svizzera), iniziò ad esaminare l'integrazione tissutale di vari materiali per impianti, e il suo gruppo fu il primo a documentare il contatto diretto osso-impianto per impianti in titanio in sezioni istologiche non decalcificate (177). Alcuni anni più tardi, ha anche riportato per primo le reazioni dei tessuti molli agli impianti in titanio (179). Entrambi i pionieri guidarono un team che eseguì numerosi studi preclinici e clinici per stabilire le basi scientifiche della moderna implantologia. Il gruppo in Svezia è diventato noto come il team Brånemark, con membri di alto profilo come Tomas Albrektsson, Ragnar Adell, Ulf Lekholm e Torsten Jemt; mentre André Schroeder ha fondato, nel 1980 in Svizzera, l'International Team for Implantology, che è diventata, negli ultimi 35 anni, la più grande associazione mondiale di implantologia, con più di 15.000 membri in circa 100 paesi in tutto il mondo. Inizialmente, i team di ricerca in Svezia e in Svizzera non si conoscevano tra di loro, poiché i loro primi studi sono stati pubblicati solo su riviste locali dei loro rispettivi paesi e hanno lavorato indipendentemente l'uno dall'altro.

1965-1985: la ricerca scientifica per l'osteointegrazione e la sua applicazione clinica

Fino alla metà degli anni '80, erano state stabilite solo linee guida chirurgiche di base per il raggiungimento predicibile dell'osteointegrazione. Queste linee guida includevano una tecnica chirurgica a basso trauma per la preparazione del letto implantare per evitare il surriscaldamento dell'osso durante la preparazione, l'inserimento dell'impianto con sufficiente stabilità primaria e un periodo di guarigione di 3-6 mesi senza carico funzionale (3, 32, 179). Entrambi i teams di ricerca erano d'accordo su questi principi di base della chirurgia implantare.

Tuttavia, ci sono state differenze riguardo ad altri due aspetti importanti - la modalità di guarigione e la superficie dell'impianto.

Il team Brånemark ha utilizzato impianti a vite in titanio con una superficie machined, piuttosto liscia, mentre l'international team for implantology di Schroeder ha utilizzato impianti in titanio di varie forme con una superficie spruzzata con plasma di titanio, che era piuttosto ruvida e microporosa. Inoltre, per Brånemark era necessaria la guarigione sommersa dell'impianto, mentre Schroeder ha favorito la guarigione transmucosa non sommersa, perché i prototipi di impianti testati sono stati tutti realizzati come impianti one-piece con l'abutment come parte integrante dell'impianto. Entrambi gli aspetti hanno causato, negli anni '90, accesi dibattiti nei congressi professionali.

Entrambi i teams di ricerca hanno lavorato a stretto contatto con un partner industriale, perché avevano bisogno di adeguate competenze di sviluppo e progettazione, produzione precisa, marketing e vendite. È degno di nota il fatto che questi partners iniziali si siano sviluppati, negli ultimi 30 anni, fino a diventare i marchi più famosi e aziende di successo nel campo dell'implantologia, ovvero Nobel Biocare (inizialmente chiamato Nobelpharma) e Straumann. Entrambi sono esempi di una storia di successo ammirevole, ottenuta attraverso la ricerca medica traslazionale, l'apporto di medici specializzati in tutto il mondo e la professionale imprenditorialità degli ultimi 50 anni.

Nella fase iniziale dei test clinici, Brånemark ha utilizzato principalmente impianti in titanio nei mascellari edentuli per sostenere protesi dentarie fisse, con l'obiettivo di migliorare il comfort masticatorio e la qualità della vita di questi pazienti. I risultati clinici fino a 15 anni di follow-up sono stati molto promettenti, in particolare nelle mandibole edentule (1,32).

L'International Team for Implantology ha utilizzato prototipi di impianti con superficie spruzzata con plasma di titanio, non solo in mandibole completamente edentule, ma anche in pazienti parzialmente edentuli con arcate dentarie ridotte e spazi vuoti di un singolo dente (136,145,178).

Durante questa fase di sviluppo negli anni '70 e '80, sono stati testati clinicamente altri materiali per impianti o prototipi di impianti. Un noto impianto in Germania era l'impianto in ceramica di Tubinga in ossido di alluminio (181). Un altro sistema implantare tedesco di rilievo era il sistema implantare IMZ in titanio, non filettato, con superficie spruzzata con plasma di titanio (15,131). Il sistema implantare americano Core-Vent utilizzava una lega di titanio alluminio vanadio (158, 165) ed era abbastanza rinomato sul mercato.

Nella seconda metà degli anni '80, ci fu un marcato spostamento nel mercato degli impianti dentali verso l'uso del titanio commercialmente puro come materiale implantare di scelta (187-189), e l'impianto filettato a vite solida divenne la forma implantare preferita.

Questa evoluzione è stata introdotta da un famoso e citato articolo di Albrektsson et al. (7), che ha evidenziato l'efficacia dei sistemi di impianti dentali disponibili a quel tempo.

Inoltre, i prototipi di impianti one-piece utilizzati per la prima volta dall'International team for Implantology di Schroeder negli anni '70 sono stati ulteriormente sviluppati in impianti a due pezzi per offrire una maggiore flessibilità protesica con vari abutments (193), mantenendo però il concetto di base di un impianto a livello tissutale per una modalità di guarigione non sommersa nei siti guariti (55). Questa evoluzione ha fatto sì che, alla fine degli anni '80, i principali sistemi implantari offrissero principalmente impianti a vite in titanio a due pezzi con una superficie machined o una superficie ruvida spruzzata con plasma di titanio.

Dal 1985 al 2000: importanti progressi nel campo dell'implantologia dentale

La fase successiva in implantologia è iniziata a metà degli anni '80, quando la terapia implantare si è estesa a pazienti parzialmente edentuli. Le prime pubblicazioni cliniche apparvero intorno al 1990 e furono incoraggianti in termini di risultati relativi all'impianto (53,54,147,174,197). Da allora, i pazienti parzialmente edentuli sono diventati il gruppo di pazienti dominante, e in alcuni centri di competenza, rappresentano attualmente oltre il 90% di tutti i pazienti con impianti (24,36). Di conseguenza, la crescente richiesta di sostituire i denti persi con restauri supportati da impianti non solo funzionali ma anche esteticamente piacevoli è diventata un'importante sfida. L'industria ha risposto producendo un numero maggiore di componenti implantari protesici, come gli abutments angolati, e gli abutments estetici per dente singolo e cementabili. La ricerca clinica è stata spinta a migliorare le condizioni dei tessuti molli e duri. A questa richiesta, guidata dall'aspetto estetico, è stata data risposta con lo sviluppo di procedure di incremento osseo per superare i deficit ossei locali nei potenziali siti implantari. Le tecniche chirurgiche meglio documentate per l'aumento dell'osso sono state la rigenerazione ossea guidata utilizzando membrane barriera e il rialzo del seno (2). La tecnica di rigenerazione ossea guidata è stata avviata con studi preclinici intorno al 1990 (51,75,76,172). Nello stesso periodo, sono stati pubblicati i primi casi report e studi clinici a breve termine per documentare varie applicazioni della tecnica di rigenerazione ossea guidata nei pazienti (17,40,74,128,143,159). Nel corso degli anni '90, sono state apportate modifiche chirurgiche per migliorare la predicibilità della tecnica di rigenerazione ossea guidata e per ridurre il rischio di complicanze. Questo includeva il miglioramento delle tecniche di incisione, l'utilizzo di dispositivi di fissaggio per stabilizzare le membrane e l'applicazione di innesti ossei per supportare le membrane (43,128). In seguito, l'utilizzo di membrane barriera riassorbibili è diventato sempre più popolare, in particolare le membrane di collagene non reticolato, in quanto sono state in grado di ridurre il numero di interventi chirurgici e il tasso di complicazioni (103,110,112,214). La tecnica del rialzo del seno è stata introdotta per la prima volta negli anni '80 (30,195) con la tecnica della finestra laterale. Negli anni '90 è stata presentata una seconda tecnica, spesso chiamata tecnica dell'osteotomo con approccio transalveolare (191). Nel 1996, la prima conferenza di consenso sul seno è stata tenuta dall'Accademy of Osseintegration, presentando risultati clinici accettabili (115). Negli anni '90 si è verificato un cambiamento di modello nel campo della tecnologia della superficie implantare. Come già detto, i primi 20 anni del mercato degli impianti sono stati dominati da due superfici: la superficie machined piuttosto liscia e la superficie ruvida, microporosa e spruzzata con plasma di titanio. Questo nuovo sviluppo è stato avviato da uno studio preclinico presso l'Università di Berna di Buser et al. (52). Essi hanno esaminato l'influenza delle caratteristiche della superficie sull'applicazione ossea di cinque diverse superfici in titanio. La migliore apposizione ossea tra le superfici in titanio è stata ritenuta una superficie prodotta con sabbatura a grana grossa e con una tecnica di mordenzatura con acido. Una superficie di idrossiapatite ha mostrato i più alti valori di contatto osso-impianto, ma ha anche dato significativi segni di riassorbimento. Pertanto, la superficie dell'idrossiapatite non è stata la prima scelta e la sua applicazione

clinica non è attualmente raccomandata. Anche la superficie sabbiata e mordenzata con acido, moderatamente ruvida o microruvida, ha mostrato valori di torque di rimozione significativamente più elevati rispetto alle superfici dell'impianto classificate come lisce o ruvide (49, 50). Risultati simili sono stati trovati da altri gruppi per superfici con varie tecniche solo di sabbiatura, sia negli studi istomorfometrici che in quelli sul valore del torque di rimozione (207-209), e per superfici implantari prodotte con una tecnica a doppio acido negli studi sul valore del torque di rimozione (132, 133). In questo periodo anche gli impianti originali Brånemark sono diventati disponibili con una superficie moderatamente ruvida e microporosa prodotta dall'ossidazione anodica (141), ed è stata commercializzata come superficie TiUnite. Studi preclinici hanno mostrato una risposta ossea nettamente più forte alle superfici TiUnite rispetto che alle superfici di controllo machined (213). Questi studi preclinici hanno scatenato accesi dibattiti alla fine degli anni '90, ma hanno anche avviato studi su queste nuove superfici in titanio, che sono più spesso chiamate superfici microruvide o moderatamente ruvide. Attualmente, le superfici implantari microruvide di varie marche sono accettate come superfici di prima scelta (37, 206). Due di queste nuove superfici microruvide sono state intensamente testate in un protocollo di carico precoce dopo 6-8 settimane di guarigione fino a 5 anni di follow-up. (28,67,190). Questo caricamento precoce è diventato un protocollo di carico ben documentato per pazienti parzialmente edentuli, indicando una chiara riduzione dei periodi di guarigione rispetto ai periodi di guarigione originali proposti da Brånemark e Schroeder negli anni '70 (204). Nello stesso decennio, il protocollo di carico immediato è stato ben documentato, soprattutto per i pazienti completamente edentuli. Il protocollo è stato testato per la prima volta con le overdentures sostenute da impianti nella mandibola edentula (14, 146) ed è stato successivamente introdotto per le protesi fisse supportate da impianti (167, 175, 176). La riduzione del periodo di guarigione è stato uno sviluppo importante per aumentare l'attrattiva della terapia implantare ed è stato principalmente facilitato da queste superfici implantari microruvide migliorate. Attualmente, il risultato clinico per il carico immediato nelle mandibole e nelle mascelle completamente edentule è paragonabile a quello del carico ritardato convenzionale (79). Gli autori hanno riportato un tasso di fallimento dello 0-3,3% per la mandibola edentula e un tasso di fallimento fino al 7,2% per la mascella. All'inizio degli anni '90, un altro dibattito ha sollevato la questione se un impianto debba essere sommerso o meno durante la guarigione per ottenere un'osteointegrazione con elevata predicibilità. Il successo dell'integrazione tissutale di impianti in titanio non sommersi con una superficie spruzzata con plasma di titanio è stato dimostrato in studi preclinici e clinici (39, 48, 54, 202, 203). Quando questo è stato confermato in studi clinici che utilizzavano impianti di tipo Brånemark (18, 19, 88), il dibattito si è concluso con l'arrivo del nuovo millennio (95). Da allora, si è concordi sul fatto che entrambe le modalità di guarigione possono essere applicate nella pratica quotidiana a seconda della situazione clinica. Quando possibile, viene utilizzata una modalità di guarigione non sommersa, che è vantaggiosa per il paziente perché elimina l'intervento chirurgico e riduce i costi e la morbidità. D'altra parte, ulteriori procedure rigenerative ossee o dei tessuti molli, o alcuni pazienti a rischio, possono beneficiare di un periodo di guarigione sommersa senza carico funzionale. Un altro tentativo di facilitare la terapia

implantare per il paziente ha comportato sforzi per ridurre il tempo tra l'estrazione dei denti e il posizionamento dell'impianto. Il concetto di inserimento immediato dell'impianto è stato utilizzato per la prima volta in Germania (181) ed è stato poi adottato intorno al 1990 (17, 143, 159). Gli anni '90 sono stati la fase di prova e di errore del posizionamento immediato dell'impianto, con numerosi studi a breve e medio termine che hanno presentato principalmente dati di sopravvivenza (13, 16, 31, 96, 100, 135, 140, 210). Il tema del posizionamento dell'impianto post-estrazione è stato discusso in tutti i principali congressi di implantologia ed è discusso più dettagliatamente qui di seguito.

Dal 2000 al 2010: la fase di perfezionamento in implantologia

Con l'arrivo del nuovo millennio, 15 anni di grandi sviluppi e progresso significativo terminarono, in particolare in ambito chirurgico e cominciò una nuova fase con parecchi lavori di perfezionamento. La comunità dei ricercatori odontoiatrici ha provato a migliorare ulteriormente la terapia implantare con lo scopo di ottimizzare i cosiddetti obiettivi primari e secondari della terapia implantare (38). Gli obiettivi primari della terapia implantare sono duplici: il primo è quello di ottenere risultati del trattamento positivi da un punto di vista funzionale, estetico e fonetico con alta predicibilità ed una buona stabilità a lungo termine e, il secondo è di avere un basso rischio di complicazioni nella fase di guarigione e nel periodo di follow-up. Questi aspetti sono molto importanti per i pazienti perché vogliono sapere che tipo di prognosi a lungo termine si può prevedere e quali tipi di rischi potrebbero verificarsi a seconda delle diverse proposte di trattamento. I risultati del trattamento vengono misurati principalmente valutando la sopravvivenza dell'impianto e la percentuale dei successi e anche, sempre più spesso, in base ai risultati incentrati sul paziente (78).

Gli obiettivi secondari della terapia implantare includono il più basso numero di interventi chirurgici, un basso dolore e morbidità durante la guarigione, brevi periodi di guarigione, un breve tempo complessivo di trattamento e un'efficacia accettabile. Questi obiettivi sono molto importanti anche per i pazienti, ma sono chiaramente di minore priorità rispetto agli obiettivi primari.

Nel corso degli ultimi 16 anni è stato raggiunto un notevole successo con questi tentativi di perfezionamento, sebbene nel corso del perfezionamento i progressi siano stati chiaramente più piccoli e gradualmente associati ad un impegno svolto secondo principio etico e al fine di ridurre al minimo i rischi per i pazienti. E' stato raggiunto un importante miglioramento in relazione all'estetica. Questo è diventato un argomento di interesse crescente a metà degli anni novanta (20) ed è un tema prioritario ad ogni conferenza di implantologia proposta dalle associazioni nazionali o internazionali. Sono stati presentati parecchi miglioramenti nei componenti dell'impianto o nei protocolli chirurgici e protesici come una migliore comprensione del corretto posizionamento implantare tridimensionale in relazione all'esito estetico (47,94,99). Un altro tentativo è stato fatto con una migliore produzione di impianti in titanio utilizzando il concetto di platform-switching (144). Questo concetto è stato utilizzato dalla maggior parte dei principali produttori di impianti perché si sosteneva che questo design implantare sarebbe stato più efficace nel mantenere i livelli

di osso peri-implantare nell'area crestale. Ciò è stato affermato in studi clinici e reviews sistemiche (12,44,111); tuttavia un recente studio randomizzato-controllato mostra che il platform switching è efficace solo quando lo spessore della mucosa permette di stabilire un'ampiezza biologica (198). In ambito protesico lo sviluppo di abutment in zirconia ha avuto un maggiore impatto (8,97,160,166,168). Inoltre l'importanza dell'estetica dell'impianto è stata anche evidenziata con lo sviluppo di parametri estetici per giudicare il risultato finale dal punto di vista estetico (21,91). L'intera gamma dell'estetica implantare è criticamente esaminata in questo volume di Periodontology 2000 ed è discussa nell'articolo da parte di Cosyn et al (72). I protocolli di trattamento sono stati migliorati anche nel campo del posizionamento dell'impianto post-estrattivo, originariamente attivati da studi preclinici e clinici esaminanti le alterazioni della cresta post-estrattiva(10,11,180). Questi studi hanno gettato le basi per una migliore comprensione del tessuto biologico in siti post-estrattivi. Un aggiornamento di questi aspetti è fornito in questo volume di Periodontology 2000 con un articolo di Chappuis et al (56), esso comprende gli aspetti dell'innesto alveolare e le tecniche di preservazione della cresta. L'ampia conoscenza di queste alterazioni della cresta, guidate biologicamente, e il grave riassorbimento osseo verticale osservato in siti post-estrattivi con un fenotipo sottile nella mascella anteriore dei pazienti (59), ci ha aiutato a migliorare la comprensione delle varie cause delle complicazioni estetiche con recessione della mucosa nella parte centro-vestibolare in impianti immediati (60,63). Dal 2003 questo è stato discusso e analizzato in tre conferenze di consenso dell'International Team for Implantology dove è stata definita la classificazione delle opzioni di trattamento, sono stati identificati i fattori di rischio di recessioni mucosali in impianti immediati e sono stati descritti criteri di selezione per le potenziali opzioni di trattamento con posizionamento immediato, precoce o tardivo dell'impianto (61,63,65,102,155).

Un recente studio di 5 anni ha dimostrato che intorno a singoli impianti immediatamente restaurati, la recessione centro-vestibolare, il profilo centro-vestibolare e il deficit del processo alveolare peggiorarono nel corso del tempo e quasi il 50% dei casi ha mostrato problemi estetici nonostante il trattamento da parte di medici esperti (71). Questo sottolinea l'importanza di una corretta selezione dei casi e di una valutazione del rischio e sottolinea l'importanza di una corretta documentazione a lungo termine di almeno 5 anni prima che un protocollo clinico possa essere giudicato oggettivamente. Questo importante argomento, in particolare nei siti estetici, è discusso nella review di Busher et al (41) in questo volume di Periodontology 2000. Per compensare il riassorbimento dell'osso post-estrazione deve essere effettuato un aumento osseo nella maggior parte di siti implantari estetici, in particolare sull'aspetto vestibolare (47,99). In casi con minor deficit osseo si può utilizzare l'innesto di tessuto connettivo come alternativa per aumentare i tessuti molli vestibolari (70). Questo aumento osseo localizzato viene effettuato utilizzando la tecnica della rigenerazione ossea guidata che è stata ulteriormente perfezionata dopo il cambio di millennio. Oltre al passaggio alle membrane collagene riassorbibili (104), la ricerca preclinica ha cominciato a focalizzarsi su innesti e sostituti ossei per procedure di rigenerazione ossea guidata. Questi riempitivi ossei, non soltanto supportano meccanicamente le membrane barriera per ridurre il rischio del cedimento della membrana

durante la guarigione, essi hanno anche proprietà biologiche, come il potenziale osteogenico per attivare la formazione di nuovo osso e un alto o basso tasso di riassorbimento che influenzerà la stabilità dell'osso aumentato nel corso del tempo (45,116,118,121).

Un innesto osseo bovino ha dimostrato un basso tasso di riassorbimento ed è ampiamente utilizzato non solo per l'aumento del profilo nell'inserimento precoce dell'impianto(42,69), ma anche per l'aumento interno nell'inserimento immediato dell'impianto (64,70).

Una discussione simile si è svolta per gli innesti e i sostituti ossei per il rialzo del seno. Per questa tecnica di aumento osseo sono state esaminate ed utilizzate nei pazienti numerose combinazioni, comprendendo innesti solo autologhi, solo omologhi, solo eterologhi o la combinazione degli stessi che è spesso chiamata innesto composito (35,120). Un recente studio preclinico ha confermato i precedenti risultati della ricerca sul riempitivo osseo per una rigenerazione ossea guidata e ha dimostrato che gli innesti autologhi hanno aumentato il contatto dell'osso all'impianto a 12 settimane di guarigione e che un riempitivo a basso riassorbimento di origine bovina ha mostrato una stabilità del volume di gran lunga migliore rispetto agli omologhi(122,124).

La combinazione con gli autologhi non migliora i risultati degli impianti a lungo termine (123), ma aiuta a ridurre il periodo di guarigione (137). E' stato anche raccomandato di effettuare il rialzo del seno mascellare senza alcun utilizzo di innesti ossei in pazienti ben selezionati (150). Un aggiornamento sulle procedure del rialzo del seno mascellare con differenti approcci di trattamento, i rispettivi criteri di selezione e i dati a lungo termine vengono forniti in una review da Lundgren et al (151).

Un altro importante campo di miglioramento è stato ottenuto nell'area dell'esame radiografico pre-operatorio utilizzando la cone-beam, la nuova tecnologia tridimensionale di tomografia computerizzata che per la prima volta è stata descritta alla fine degli anni '90 (156). Questa tecnologia ha velocemente sostituito la tomografia dentale computerizzata che era utilizzata nell'odontoiatria implantare negli anni '90 (182). La maggior preoccupazione della tomografia dentale computerizzata era il dover sottoporre i pazienti ad una esposizione radioattiva che ne impediva la diffusa applicazione nella pratica giornaliera (87).

The European Association of Osseointegration workshop ha dato delle linee guida piuttosto prudenti per l'utilizzo della tomografia dentale computerizzata sui pazienti implantari (105). La nuova tecnologia cone-beam di tomografia computerizzata ha proposto dei miglioramenti rispetto alla tomografia dentale computerizzata, non solo per la qualità di immagine ma anche per l'esposizione radioattiva (27,101,148,149). Il progresso tecnologico della cone-beam e l'esposizione radioattiva molto ridotta hanno portato ad un'applicazione notevolmente più ampia di questa tecnologia nella pratica giornaliera e linee guida meno restrittive sono state formulate dall'European Association for Osseointegration (106). Informazioni aggiornate sulla cone-beam sono presenti nell'articolo di Bornstein et al (26). L'avvento della cone-beam è stato anche una base importante per il progresso dell'implantologia digitale che ha influenzato sia aspetti chirurgici che protesici dell'implantologia. In ambito chirurgico, sono stati creati sempre più

sofisticati stent chirurgici che potrebbero essere utilizzati in chirurgia implantare computer assistita.

Queste tecniche chirurgiche implantari, computer guidate, sono state spesso raccomandate per un approccio chirurgico flapless (34,90).

In ambito protesico sono stati fatti i primi passi verso una progettazione ed una produzione computer assistita (CAD-CAM). Nel 2008 questi primi sviluppi sono stati criticamente analizzati alla 4° conferenza di consenso dell'International Team for Implantology. Una review sistematica in ambito chirurgico ha riportato una precisione accettabile della chirurgia implantare computer assistita, ma disponendo solamente di dati a breve termine (129). Lo stato relativo alla progettazione assistita dal computer e alle procedure di produzione assistita dal computer è stato meno positivo.

Una review sistematica in ambito protesico ha concluso evidenziando che gli studi clinici sull'utilizzo del CAD-CAM erano troppo preliminari ed insufficienti per dare significative conclusioni sull'efficienza degli abutments progettati utilizzando queste procedure (130).

In questo decennio la tecnica dell'analisi della frequenza di risonanza è stata ampiamente analizzata in studi clinici. Sviluppata originariamente a metà degli anni novanta da Meredith et al (153). La tecnica dell'analisi della frequenza di risonanza è stata significativamente migliorata nel 2004 e nel 2009 e conseguentemente ha fornito ai clinici uno strumento diagnostico oggettivo per valutare la stabilità dell'impianto in qualsiasi fase della terapia implantare e del follow-up. La frequenza di risonanza è misurata utilizzando un trasduttore ed è tradotta nel valore del quoziente di stabilità implantare su una scala che arriva fino a 100 quozienti di stabilità implantare.

Il valore del quoziente di stabilità implantare riflette la micromobilità dell'impianto (164) che a sua volta è determinata da fattori quali la densità dell'osso, la tecnica chirurgica, il design dell'impianto e il tempo di guarigione (184). Un predeterminato quoziente di stabilità implantare 60 e 70 è stato utilizzato come criterio per l'utilizzo di protocolli di carico immediato o precoce in parecchi studi (25,137,162,163).

Sebbene numerosi studi abbiano mostrato il valore clinico della tecnica dell'analisi della frequenza di risonanza per fornire informazioni rilevanti sullo stato dell'integrazione dell'impianto, non sono state ancora presentate delle linee guida su come utilizzare la tecnica di analisi della frequenza di risonanza nella pratica giornaliera. Nell'ambito della biologia, ci fu un clamore agli inizi degli anni 2000 per l'utilizzo del plasma piastrinico, che fu pubblicizzato nella pubblicazione di Marx et al. (152) per l'innesto osseo con chirurgia maxillo-facciale. E' stato ipotizzato che l'effetto stimolante del plasma ricco di piastrine fosse il risultato dell'accumulo di piastrine autogene fornenti un'alta concentrazione di fattori di crescita piastrinici con un ben documentato impatto sulla rigenerazione ossea (161,186). Un ampio numero di centrifughe di plasma ricco di piastrine è stato venduto sotto la pressione delle ditte produttrici. Pochi anni dopo, queste aspettative crollarono improvvisamente quando studi clinici e preclinici non poterono fornire evidenza attestante l'efficacia del plasma ricco di piastrine per l'accelerazione dell'osteointegrazione (119,196,205).

2010 e oltre, attuali tendenze e questioni aperte

Rispetto all'era di introduzione degli impianti dentali nella pratica clinica di mezzo secolo fa, la sopravvivenza implantare è oggi altamente predicibile. Parecchie riviste cliniche hanno riportato risultati clinici a 10 anni con impianti moderni a superficie modificata, hanno rivelato un tasso di sopravvivenza implantare superiore al 95% e che su meno del 5% degli impianti sono state diagnosticate infezioni purulente o perimplantiti (4).

Risultati simili sono stati riportati da alcuni studi con follow-up fino a 23 anni (57,83,199).

Nonostante gli esiti clinici favorevoli, la perimplantite è recentemente diventata una delle più grandi controversie. Secondo i pareri dei comitati professionali dei parodontologi, l'incidenza di complicazioni biologiche, e più specificatamente di perimplantite, può essere più del 50%, questo ha scosso la comunità odontoiatrica.

C'è una mancanza di consenso relativo a quali tipi di parametri clinici e radiografici dovrebbero essere utilizzati per valutare la perimplantite. L'articolo di Coli et al (68) valuta criticamente la letteratura riguardante la perimplantite e ha rivisitato articoli relativi alla metodologia diagnostica e all'inizio della malattia. E' ovvio che l'alta prevalenza di perimplantite riportata da alcuni autori è legata ad un difetto scientifico, che ha un certo rischio di danno per la reputazione dell'odontoiatria implantare, ma che può anche portare ad un eccesso di cure di malattia. Da un altro lato la perimplantite può essere una vera e propria sfida clinica che, ovviamente necessita di attenzione ogni qual volta venga diagnosticata. In questo contesto, nel volume di Periodontology 2000, l'articolo di Bruyen et al (77) sottolinea i fattori di rischio del paziente per la perimplantite, quali il fumo e la malattia parodontale. Nei fumatori, con una storia di malattia parodontale, il trattamento implantare sembra essere soggetto ad un ulteriore perdita ossea, come confermato recentemente da uno studio di follow-up di 9 anni (201).

Sin dai tempi dei padri fondatori, la scelta tra restauri protesici prevalentemente avvitati o cementati è stata oggetto di dibattito. Il tentativo di avere risultati estetici migliori e la praticità di abutments progettati digitalmente hanno spinto i medici di più verso la scelta del cemento. Dall'altro lato, recenti ipotesi che i residui di cemento possano indurre la perimplantite, controbattono questa evoluzione (211). L'articolo di Wittneben nel volume di Periodontology 2000, rivisita a tal proposito la recente letteratura. Fornisce delle linee guida cliniche per scegliere un sistema di ritenzione appropriato al paziente su base individuale e prende in considerazione la fattibilità e i rischi di complicazioni. Un altro quesito privo di risposta, e fortemente discussa, è la perdita dell'osso crestale. La perdita di osso crestale negli impianti dentali è prevalentemente accettata durante il primo anno di carico in quanto è un fenomeno inevitabile ed è visto come reazione di adattamento al trauma chirurgico e al carico (1). La quantità di perdita ossea può variare a seconda del design dell'impianto e della posizione dell'interfaccia abutment-impianto (108,109), ma successivamente la maggior parte dei tipi di impianto mostra una perdita ossea simile e annuale minima, sulla base di valori medi (126,142).

Tuttavia se si effettua una distribuzione di frequenza della perdita ossea in una popolazione di pazienti, alcuni impianti mostreranno una perdita ossea maggiore di altri e alcuni impianti mostreranno addirittura una perdita ossea continua nel tempo.

E' certamente importante saper identificare gli impianti che mostrano una continua perdita ossea come risultato del rischio di una cattiva estetica, di disagio e di fallimento. Degli studi a lungo termine su designs di impianti moderni hanno mostrato che il fallimento dell'impianto in sé è raro essendo spesso sotto il 5% e la ragione primaria del fallimento dell'impianto è solitamente diversa dalla continua perdita di osso marginale (4,82).

Le ragioni della perdita di osso marginale non sono pienamente comprese e sono attualmente oggetto di discussione (4,6). Alcuni autori considerano la perdita dell'osso marginale come un processo mediato da biofilm, simile alla parodontite, ed hanno suggerito l'utilizzo di indici parodontali per diagnosticare la perimplantite (139). Altri autori considerano l'osteointegrazione come una reazione equilibrata ad un corpo estraneo. Pertanto è stato suggerito che la perdita di osso marginale può anche essere influenzata da fattori modificanti l'equilibrio immunologico, come il materiale metallico dell'impianto, le caratteristiche del paziente (compresi i farmaci), la chirurgia non ottimale e la protesi. Di queste potenziali cause ne parlano Albrektsson (5) et al e Bosshardt et al (29) nei loro articoli; il secondo ha anche fornito un aggiornamento istologico sull'osteointegrazione di impianti in titanio e in zirconia. In implantologia vi è una forte tendenza verso un crescente utilizzo della tecnologia digitale specialmente in ambito protesico. Un notevole progresso con software di pianificazione del trattamento e con la tecnologia CAD-CAM dell'industria MedTech ha semplificato e migliorato la procedura della terapia implantare digitale e della protesi fissa.

La realizzazione di un'impronta digitale mediante l'uso di uno scanner intraorale può aiutare a superare gli errori che si verificano durante la presa dell'impronta tradizionale e la colatura dei modelli in gesso, perché il modello virtuale utilizzato dal CAD viene creato quasi immediatamente utilizzando i dati dello scanner intraorale. La fresatura computer assistita completa ulteriormente la procedura con un buon rapporto costo-beneficio. Sebbene molti studi dimostrino un notevole miglioramento nella precisione del CAD-CAM rispetto ai convenzionali manufatti fusi, molto dipende dal flusso di lavoro che va dalla presa dell'impronta all'implementazione tecnica durante la realizzazione della protesi (200). Ad oggi l'implantologia digitale è stata analizzata alla 5° International Team for Implantology Consensus Conference nel 2013 in due review sistematiche dimostrando un chiaro progresso a partire dal 2008 (130,194).

In questo volume di Periodontology 2000, gli ulteriori progressi da allora, il flusso di lavoro digitale attualmente possibile e i pro e i contro della tecnica, sono stati riesaminati da Joda et al (127). In campo chirurgico, lo stato attuale è oggetto di una revisione critica nell'articolo di D'Haese et al (73). Non si sa ancora quanto velocemente e in che misura queste tecniche digitali possano trovare ampia applicazioni in studi privati.

Un altro trend è che i pazienti con impianti sono diventati sempre più anziani da quando la cosiddetta baby boomer generation è arrivata negli studi odontoiatrici del mondo occidentale.

Di conseguenza, le strategie terapeutiche devono essere adattate a pazienti anziani, tenendo in considerazione le particolari caratteristiche di questa fascia d'età, specialmente i fattori di rischio, il deficit funzionale e il possibile manifestarsi di dipendenza e fragilità (157).

Nella chirurgia implantare è importante ridurre al minimo la morbidità per i pazienti anziani. Tutti questi aspetti medici, chirurgici e protesici sono stati esaminati nella review di Schimmel et al (173).

Negli ultimi 10 anni sembra si sia ritornati agli impianti in ceramica dopo il loro primo utilizzo negli anni '60 e '70. I primi tentativi di introdurre impianti di ossido di alluminio (169,181) non ebbero successo, perché alla fine degli anni '80 il titanio commercialmente puro per gli impianti divenne il materiale preferito in odontoiatria implantare.

La nuova tendenza degli impianti in ceramica è basata su impianti di biossido di zirconio (noto anche come zirconia) e su test preclinici con esito positivo (58,92,93,170). Una recente review sistematica su studi clinici a breve termine su impianti in zirconia documenta il potenziale di questo interessante materiale (107). Sembra che l'attuale documentazione preclinica e clinica degli impianti in zirconia sia paragonabile a quella degli impianti in titanio commercialmente puro con superfici microruvide moderne, riportate per la prima volta circa 15 anni fa. Lo stato attuale e i potenziali vantaggi degli impianti in zirconia sono criticamente esaminati da Cionca et al (66). Non si sa ancora se sia possibile che gli impianti in zirconia diventino un valido materiale implantare alternativo al titanio commercialmente puro.

Ciò richiederebbe informazioni provenienti da studi a lungo termine, simili ai dati disponibili per il titanio commercialmente puro con superfici microruvide, e l'ulteriore progresso delle aziende nel produrre impianti in zirconia consistenti in due parti, permettendo il posizionamento di protesi avvitate.

Negli ultimi anni, l'utilizzo di concentrati ricchi di piastrine ha nuovamente guadagnato terreno in ambito odontoiatrico come fonte autologa di fattori di crescita. Non solo plasma ricco di piastrine, ma anche fibrina ricca di piastrine e variazioni della stessa (fibrina ricca di leucociti e piastrine, fibrina ricca di fibrina e piastrine, etc) sono state esaminate da vari gruppi in vitro (22,84,85,171,185). Tuttavia, attualmente pochissima documentazione clinica è disponibile e non vi è ancora una chiara evidenza degli effetti benefici sulla formazione ossea nel periodo di post-estrazione o in siti peri-implantari (9,81,113,192). I prossimi anni dimostreranno se questa interessante tecnica di concentrazione piastrinica non deluderà le aspettative e sarà un'innovazione clinica nella pratica quotidiana della chirurgia implantare.

Una crescente preoccupazione relativa ad impianti osteointegrati in funzione è lo sviluppo di recessioni della mucosa perimplantare.

Nonostante il fatto che, nella maggior parte dei casi, le recessioni della mucosa non influenzano in modo significativo il mantenimento a lungo termine dell'impianto, la loro presenza può influire sul risultato estetico e sulla soddisfazione del paziente.

Diversi fattori, come lo spessore di tessuti duri e molli che circondano l'impianto osteointegrato, il posizionamento non corretto dell'impianto (60) e/o la qualità delle ricostruzioni protesiche, sembrano avere un ruolo nell'eziologia delle recessioni della mucosa. A causa dell'aumento del numero degli impianti in tutto il mondo, si può prevedere che nel prossimo futuro, aumenteranno anche i casi di recessioni mucosali. L'articolo di Sculean et al (183) nel volume di Periodontology 2000, valuta criticamente la letteratura relativa alla copertura della recessione. Attualmente, le possibilità di trattamento

per la copertura delle recessioni dei tessuti molli della zona perimplantare sono molto limitate e viene indicato che solo le recessioni mucosali perimplantari poco profonde (per esempio fino a 2 millimetri) possono essere trattate con successo con alcune tecniche chirurgiche, incluso l'utilizzo dell'innesto del tessuto connettivo subepiteliale o la rigenerazione ossea guidata; nessun dato supporta la possibilità di coprire recessioni mucosali perimplantari ampie e profonde.

Un altro dibattito in corso riguarda chi deve trattare i pazienti con impianti, e in particolare, chi deve eseguire l'intervento d'impianto. L'approccio originario del gruppo Brånemark degli anni '70 e '80 prevedeva che solamente i chirurghi specializzati potessero partecipare a corsi di formazione di chirurgia implantare.

Quindi, chirurghi specializzati (chirurghi maxillofacciali, orali e parodontologi) hanno dominato il mercato americano per almeno 20 anni. In Europa, al di fuori dalla Svezia, per esempio in Svizzera e Germania, i medici generici furono maggiormente coinvolti nella fase iniziale della moderna odontoiatria implantare con impianti osteointegrati, poiché all'epoca non erano ancora stati istituiti programmi post-laurea in Europa, a differenza degli Stati Uniti.

Nel corso degli ultimi 10 anni c'è stata una chiara tendenza per gli odontoiatri generici ad essere sempre più coinvolti nella chirurgia implantare, una tendenza anche guidata dalle aziende produttrici di impianti.

Questa tendenza è potenzialmente pericolosa, dato che la formazione universitaria degli studenti di odontoiatria non è in grado, per svariati motivi, di fornire una formazione clinica sufficiente per raggiungere l'abilità necessaria ed un livello di esperienza frutto di pratica giornaliera relativa alla chirurgia implantare, come evidenziato in una recente review (134). Un workshop sull'istruzione odontoiatrica suggerisce chiaramente che la formazione clinica e la formazione in chirurgia implantare dovrebbero basarsi su programmi post-laurea (86).

Tuttavia, non ci sono fatti concreti a sostegno del fatto che colleghi inesperti e non sufficientemente istruiti possano causare un tasso crescente di complicanze o fallimenti implantari.

I fatti per documentare questo potenziale timore sono assenti, in quanto questo gruppo raramente pubblica su riviste scientifiche, come nel caso degli specialisti accademici.

Ad esempio, gli eccellenti risultati decennali di numerosi studi clinici sono stati ottenuti da gruppi universitari con una significativa esperienza clinica (4). Tuttavia, alcuni studi ipotizzano che ci si può aspettare un aumento del tasso di fallimento quando l'intervento chirurgico viene eseguito da chirurghi meno esperti (125,138,154). Oltre all'esperienza, anche fattori, quali le abilità e il giudizio, sembrano influenzare il risultato clinico della chirurgia implantare (114). Un'altra osservazione - che i fallimenti estetici sono più spesso causati da un malposizionamento dell'impianto - supporta questa teoria (60) in quanto queste complicanze sono di natura iatrogena. Il futuro dimostrerà se questa osservazione dell'aumento delle complicanze e dei tassi di fallimento può essere confermata. Una tale

tendenza potrebbe potenzialmente danneggiare la reputazione della terapia implantare come modalità di trattamento di prima scelta in odontoiatria.