

In english, please
En español, por favor

LA BIOCAMPATIBILITÀ DEI MATERIALI ORTODONTICI: REVISIONE DELLA LETTERATURA Seconda Parte

E. Defraia*, A. Marinelli**, G. Mannori***

*MD, DDS, Researcher, Florence University [[Medline Lookup](#)]

**DDS, PhD Candidate, Florence University [[Medline Lookup](#)]

*** DDS, Florence University [[Medline Lookup](#)]

Corresponding author: Dr. Efsio Defraia c/o Dipartimento di Ododontostomatologia
Via del Ponte di Mezzo, 46/48 50127 Firenze Fax+39-55-411798 e-mail:
e.defraia@odonto.unifi.it

Parole chiave: Nichel, Leghe ortodontiche, Allergie

Abstract: Una corretta terapia ortodontica non può prescindere dalla precisa conoscenza da parte del clinico della biocompatibilità dei materiali che compongono le apparecchiature. L'ortodontista infatti deve essere pienamente consapevole delle reazioni avverse che possono essere evocate dai materiali da lui utilizzati, per poter essere in grado di attuare nei loro confronti un'opportuna opera di prevenzione e, quando necessario, di intercettazione. Tali reazioni sono in parte poco conosciute, soprattutto per quanto concerne i materiali di più recente introduzione nella pratica ortodontica e non ancora passati attraverso un'esperienza clinica prolungata. In questo studio viene condotta una rassegna della letteratura relativa alle reazioni di incompatibilità nei confronti dei materiali ortodontici. Fra questi viene riservata un'attenzione particolare alle leghe metalliche per la possibilità che esse inducano reazioni di ipersensibilità nei confronti del nichel, un componente comunemente aggiunto ai composti metallici in qualità di antiossidante. L'insorgenza di reazioni avverse ai materiali per ortodonzia è risultata molto rara, consistendo di un totale di soli 23 casi riportati dalla letteratura. Di questi, 21 erano relativi a reazioni allergiche nei confronti degli ioni nichel e cromo presenti all'interno di leghe metalliche. Il rilascio di questi ioni, con il conseguente rischio di sensibilizzazione allergica, è risultato essere dipendere da tre fattori principali costituiti da: composizione elementare della lega, finitura superficiale della superficie metallica e omogeneità strutturale dell'apparecchiatura ortodontica finita. Un appropriato controllo di questi tre fattori, da mettere in atto durante il processo di produzione industriale dei materiali ma anche da parte dell'ortodontista in corso di applicazione clinica, rappresenta il modo più idoneo ad evitare l'insorgenza di reazioni avverse.

Seconda parte: (continua da <http://www.vjo.it/044/biot.htm>)

Cancerogenesi

La capacità cancerogenetica degli ioni metallici è stata oggetto di numerosi studi in ambito di tossicologia occupazionale. In particolare, un'azione cancerogena è stata ampiamente dimostrata a proposito del nichel, relativamente all'esposizione di alcune classi di lavoratori ai vapori derivati dalla produzione industriale di leghe metalliche (8,22). Tale effetto cancerogeno è stato confermato da studi sperimentali in vitro, che

hanno dimostrato che questo elemento è dotato di potere trasformante nei confronti di linee cellulari fibroblastiche mantenute in coltura (18). Sulla base di queste evidenze, è stata dibattuta la possibilità che anche il nichel contenuto nelle leghe metalliche per applicazioni mediche presenti potere cancerogeno. Tuttavia, da studi in vitro è risultato che né l'acciaio inossidabile né le leghe per ortodonzia al nichel titanio sono dotati di azione genotossica (5); anche il titanio puro è risultato privo di potere mutageno (3,5). Inoltre, non esistono indicazioni di tipo clinico relative ad una possibile azione cancerogena delle apparecchiature metalliche in pazienti sottoposti a terapia ortodontica.

Stimolazione allergica

Le reazioni allergiche ai materiali metallici per uso ortodontico vengono provocate principalmente dal nichel, dal cromo e dal cobalto che vengono rilasciati per effetto dei fenomeni di corrosione (41,46,48); fra questi, il nichel rappresenta l'agente sensibilizzante più comune (12). Le allergie al nichel ed al cromo riconoscono la patogenesi delle risposte di ipersensibilità ritardata (o di IV tipo). Come è caratteristico di questo tipo di reazioni, esse si presentano con manifestazioni cliniche di tipo locale la cui espressività è strettamente dipendente dal contatto diretto dell'apparecchiatura ortodontica, o di sue porzioni, con il distretto corporeo che è sede della risposta. Non sono mai state descritte reazioni a distanza, quale espressione di un coinvolgimento sistemico dell'organismo. Queste caratteristiche cliniche differenziano le reazioni allergiche agli apparecchi ortodontici dalle allergie di tipo occupazionale che sono state documentate a proposito dei lavoratori esposti a vapori generati dalla produzione industriale delle leghe metalliche. In questi casi, si ritiene che l'esposizione per via inalatoria al nichel provochi una rapida immissione di questo ione nel circolo sanguigno; a livello ematico, si verificherebbe la sua coniugazione con proteine sieriche circolanti, dotate della capacità di conferire a questo ione potere allergogeno (50). La reazione allergica che si viene ad evocare è quindi di natura sistemica, coinvolge vari distretti dell'organismo fra cui l'albero bronchiale determinando tipiche manifestazioni ostruttive, e riconosce la patogenesi delle risposte immunitarie di tipo immediato (o di I tipo) (8,47,51). Tuttavia, queste osservazioni di tipo occupazionale hanno spinto vari autori a valutare la possibilità che l'esposizione ad apparecchiature ortodontiche possa provocare l'immissione di ioni metallici nella circolazione sistemica dei pazienti. A questo scopo, sono stati misurati i livelli di nichel presenti nel circolo sanguigno di soggetti sottoposti a terapie ortodontiche rispetto ad opportuni gruppi di controllo, non trattati ortodonticamente. E' risultato che i portatori di apparecchiature ortodontiche complete, costruite sia in nichel titanio che in acciaio inossidabile, presentavano livelli ematici di nichel del tutto sovrapponibili a quelli riscontrati nei gruppi di controllo (10). Studi analoghi, condotti per valutare la quantità di nichel riscontrabile nella saliva dei pazienti ortodontici, hanno dimostrato livelli non significativamente diversi da quelli osservati prima dell'inserimento degli apparecchi (21,33), oppure in soggetti non sottoposti a terapia ortodontica (35). Da questi studi emerge quindi che gli apparecchi per ortodonzia, pur essendo capaci di rilasciare prodotti di corrosione all'interno della cavità orale (42), non determinano, tuttavia, l'ingresso di quantità misurabili di ioni nichel nel circolo ematico né in altri distretti corporei quali le ghiandole salivari. Questi risultati offrono una verifica sperimentale all'osservazione clinica precedentemente menzionata che l'esposizione al nichel per via mucosa o cutanea è in grado di evocare reazioni allergiche locali, del tipo da contatto, ma prive di un carattere sistemico. Indipendentemente dall'esposizione a dispositivi di tipo metallico per motivi medici, le reazioni da contatto al nichel e ad altri ioni metallici costituiscono un'evenienza decisamente comune nella

popolazione generale. Nei paesi industrializzati, infatti, l'incidenza di ipersensibilità al nichel è del 4.5 - 28.5 %, con netta prevalenza nel sesso femminile. Valori così elevati sono da ascrivere alla notevole diffusione del nichel nell'ambiente, che fa di questo elemento un contatto comune e ripetuto della vita quotidiana (8,15,16,22). In ambito ortodontico, invece, le evidenze cliniche e sperimentali relative ad un ruolo allergizzante di questo ione sono molto limitate. Due studi clinici, condotti con una metodologia analitica di tipo trasversale, indicano che il trattamento ortodontico con apparecchiature metalliche non è in grado di indurre sensibilizzazione nei confronti del nichel. Gli autori, infatti, non hanno riscontrato differenze fra la l'incidenza di positività a prove allergiche specifiche per questo ione in gruppi di pazienti ortodontici ed il valore reperito in gruppi di controllo, costituiti da soggetti non trattati (30,32). Invece, uno studio di tipo longitudinale riporta che, su 23 pazienti sottoposti a terapia ortodontica ed inizialmente negativi alle prove allergiche al nichel, due andavano incontro ad una positivizzazione dei tests cutanei in corso di trattamento (7). E' interessante osservare che né in questi pazienti, né in altri cinque che erano risultati ipersensibili al nichel fin dall'inizio della terapia ortodontica, sono stati rilevati segni o sintomi clinici di allergia a livello della cavità orale. Dall'esame di questi studi emerge che il rischio di sviluppare un'ipersensibilizzazione al nichel a seguito di terapia ortodontica risulta piuttosto modesto (pari a 8.7% secondo la casistica riportata da (7)). Il problema, tuttavia, che si pone in modo più impellente è costituito dall'evenienza che soggetti precedentemente sensibilizzati al nichel possano sviluppare reazioni indesiderate quando vengono esposti ad apparecchiature ortodontiche di tipo metallico. Secondo una casistica di (58), su 1085 ragazze sottoposte a terapia ortodontica non è stata riscontrata nemmeno una manifestazione di tipo allergico alle apparecchiature utilizzate. Da un altro studio condotto su 425 pazienti ortodontici, risulta che circa l'1% dei soggetti trattati sviluppava reazioni indesiderate alla terapia, con sede sia intra che extraorale; tuttavia, incertezze nella diagnosi di tali lesioni non consentivano di accertare quante di queste fossero effettivamente da attribuirsi a reazioni di natura allergica provocate dai materiali metallici (29). Queste casistiche cliniche, grazie anche ai numeri decisamente elevati di soggetti presi in esame, indicano quindi che l'insorgenza di manifestazioni allergiche alle apparecchiature metalliche costituisce un evento decisamente raro. Tale indicazione trova conferma nell'esame dei casi di allergie al nichel, verificatisi in corso di terapia ortodontica, che sono stati fino ad ora riferiti in letteratura. Infatti, da un esame attento delle pubblicazioni è risultato un totale di soli 21 casi di reazioni allergiche provocate da apparecchiature ortodontiche di natura metallica. Le principali caratteristiche cliniche dei singoli casi, unitamente agli opportuni riferimenti bibliografici, sono riportati nella tabella 1. La sede di tali reazioni è risultata essere sia intra che extraorale. Comunque, appare quasi sempre evidente il rapporto fra sede della risposta clinica e luogo di applicazione dell'apparecchiatura ortodontica. Si noterà infatti che la maggior parte dei casi di manifestazione allergica con sede a livello cutaneo sono da attribuire alle trazioni extraorali. Si ricorderà in proposito che uno fra i componenti delle apparecchiature ortodontiche più soggetto ai fenomeni di corrosione è costituito proprio dall'arco facciale delle trazioni extraorali, a causa della costante presenza di saldature con leghe d'apporto. E' comprensibile quindi come, a seguito del rilascio di ioni metallici per corrosione, si possano sviluppare manifestazioni di tipo allergico in corrispondenza della commessura labiale e, in generale, del volto con estensioni varie del processo dermatitico fino ad interessare le palpebre o addirittura il cuoio capelluto (11,17,31,40,60). E' opportuno inoltre menzionare che la discreta capacità allergizzante delle trazioni extraorali è da ascrivere, oltre che agli archi facciali, alle grappette che talvolta collegano la componente metallica a quella propriamente

elastica. Tali componenti, spesso rivestite da nichelature, sarebbero responsabili dell'insorgenza di manifestazioni allergiche sul collo (23,40). Ancora a proposito delle trazioni extraorali, certe abitudini dei pazienti legate al sonno sarebbero, secondo gli autori, implicate nella espressione clinica della patologia allergica in sedi apparentemente non tipiche, quali le avambraccia (23). La tabella riporta, inoltre, che le apparecchiature di tipo fisso, così come le componenti metalliche di certe placche, hanno prodotto risposte allergiche localizzate prevalentemente in sede intraorale (9,19,62). Risulta invece di più difficile comprensione, per questa stessa tipologia di apparecchio, la sede extraorale di alcune lesioni allergiche che sono state riscontrate in alcuni casi (14,64,67). Secondo il giudizio degli autori, è possibile che l'insorgenza di tali reazioni dipenda da concomitanti esposizioni al nichel attraverso contatti di altra origine rispetto a quella ortodontica. In alternativa, è possibile che in questi casi l'esposizione alle apparecchiature ortodontiche sia stata sufficiente ad evocare reazioni allergiche a livello della cute ma non nella cavità orale. In proposito, è opportuno citare l'osservazione che i fluidi salivari e crevicolari, in virtù del loro potente effetto di detersione nei confronti delle sostanze esogene, possono esplicare un'azione sfavorente nei confronti dell'insorgenza di manifestazioni allergiche nella cavità orale (64); infatti è noto che in questa sede è necessaria una concentrazione di allergeni da cinque a dodici volte superiore rispetto a quella cutanea per evocare una reazione allergica della medesima entità (48). La natura squisitamente allergica delle reazioni descritte nella tabella 1 è stata accertata dagli autori sulla base delle caratteristiche cliniche delle lesioni e della condizione di accertata ipersensibilità dei pazienti nei confronti del nichel. Con l'eccezione, infatti, di un caso (9), tutti i soggetti presi in esame presentavano una storia clinica precedente fortemente indicativa di una iperreattività allergica al nichel; tale positività anamnestica è stata anche corroborata dai risultati di specifiche prove diagnostiche cutanee. Infine, la sospensione del trattamento ortodontico o la sostituzione delle componenti metalliche con elementi che sicuramente non contenevano nichel esitava nella regressione completa delle lesioni, fino a guarigione clinica.

Polimeri acrilici

La vasta utilizzazione di questi materiali da parte dell'odontoiatria moderna è alla base del notevole interesse che si è andato accumulando negli anni per la biocompatibilità di questi materiali. Le indicazioni riportate dalla letteratura sui possibili effetti irritativi, tossici ed allergizzanti dei composti acrilici provengono principalmente da pubblicazioni in ambito protesico e restaurativo. Per quanto riguarda invece l'applicazione di questi materiali in ortodonzia, le informazioni sulla loro biocompatibilità sono piuttosto scarse. Secondo l'ampia casistica riportata da (29), i composti acrilici erano responsabili di alcune reazioni di tipo irritativo a carico del personale sanitario che operava nel settore clinico ortodontico. Le lesioni più comuni erano rappresentate da dermatosi delle mani e delle dita; comunque, in questo studio vengono descritti anche sintomi di irritazione oculare, quali lacrimazione ed intenso prurito fino al dolore, e manifestazioni a carico delle prime vie respiratorie. In tutti questi casi, i monomeri acrilici, altamente volatili ed irritanti, costituivano gli agenti eziologici più importanti. Lo stesso studio riporta anche sporadiche osservazioni di reazioni allergiche dei pazienti ortodontici nei confronti dei composti acrilici polimerizzati. Tuttavia, la definizione diagnostica di tali reazioni non è tale da consentirne una sicura definizione sotto un profilo eziologico e patogenetico. La letteratura relativa alle osservazioni di casi clinici ortodontici è limitata ad un solo studio che riguarda l'utilizzazione di un cemento di natura composita per la fissazione di attacchi diretti (28). Questo materiale era responsabile di una reazione di natura allergica

con sede sia intra che extraorale, le cui manifestazioni consistevano in un intenso arrossamento della mucosa orale, accompagnato da eritema e prurito della regione circumorale del volto. L'eziologia di questa reazione era effettivamente da ascrivere al materiale composito per cementazione, considerando la risposta positiva del paziente a prove allergiche specifiche e la remissione completa della sintomatologia dopo sostituzione del materiale con un cemento di diversa composizione.

Elastomeri

Lo studio della biocompatibilità dei materiali elastomerici ha suscitato un interesse sempre maggiore negli ultimi anni, in seguito all'introduzione nella pratica clinica dei guanti in gomma naturale. Infatti, parallelamente alla diffusione dell'uso dei guanti si è assistito al moltiplicarsi delle indicazioni di un possibile ruolo allergizzante svolto da certi componenti elementari della gomma. La ricerca ha successivamente chiarito che l'azione allergogena è svolta dal lattice, un polimero dell'isoprene, il quale assume caratteristiche allergeniche a seguito dei processi di trasformazione industriale che sono implicati nella produzione dei manufatti gommosi. A differenza delle varie reazioni allergiche che sono state fin qui illustrate, il contatto con il lattice induce l'organismo a sviluppare una reazione di ipersensibilità immediata (o di tipo I). Poiché questo tipo di risposta immunitaria prevede, accanto a manifestazioni cliniche di tipo locale (56), anche un possibile coinvolgimento sistemico dell'organismo, l'allergia al lattice può costituire un evento temibile nella pratica odontoiatrica e medica. Dall'esame della specifica letteratura ortodontica risulta un solo caso di allergia al lattice, prodotto dal contatto della regione orale di una paziente con i guanti indossati dall'ortodontista (49). L'espressività clinica della risposta era esclusivamente di tipo locale, e consisteva in un eritema di tipo orticarioide localizzato al volto in sede circumlabiale e perimandibolare, con associato edema del labbro inferiore. La natura allergica della reazione è stata accertata mediante specifiche prove sierologiche di laboratorio, che hanno identificato nel lattice l'agente scatenante della risposta. Le allergie ai derivati del lattice costituiscono un argomento di interesse particolare in ortodonzia, considerando che questa sostanza costituisce un componente fondamentale di vari strumenti di ampio uso nella terapia ortodontica. Oltre ai guanti, si ricorderanno a questo proposito le legature e gli elastici per trazioni intra ed intermascellare. E' quindi importante che il clinico sia cosciente della possibile evenienza di una reazione allergica nei confronti di questo tipo di materiale.

Conclusioni

L'esame della letteratura sull'argomento consente di concludere che i materiali per uso ortodontico presentano una notevole biocompatibilità con i tessuti dell'organismo. Le uniche reazioni avverse riscontrate nella pratica clinica sono costituite da lesioni di tipo irritativo e da manifestazioni di natura allergica. Le reazioni irritative hanno riscosso un modesto interesse da parte della letteratura scientifica, perchè si presentano con quadri sintomatologici molto blandi e del tutto reversibili con l'allontanamento dello stimolo irritativo. Di spiccata pertinenza della patologia di tipo professionale, esse costituiscono la risposta ad agenti chimici di comune riscontro in ambito odontoiatrico, non necessariamente collegati alla specifica pratica ortodontica. Per quanto concerne le manifestazioni di tipo allergico, l'esame degli studi clinici consente di affermare che esse rappresentano un'evenienza del tutto eccezionale. Infatti, sono risultati, in totale, 2 soli casi di reazioni allergiche indotte da materiali ortodontici di natura non metallica e 21 casi di allergie provocate da leghe metalliche. Per quanto riguarda i metalli, tale incidenza può apparire inspiegabilmente bassa se si confronta con l'elevata frequenza di casi di

ipersensibilità al nichel che è caratteristica delle nostre popolazioni. Questa discrepanza è da attribuirsi al fatto che la cavità orale costituisce un ambiente particolarmente protetto dall'insorgenza di reazioni di tipo allergico, grazie al potente effetto di detersione esercitato dai fluidi salivari nei confronti di sostanze potenzialmente allergogene. Le osservazioni riportate dalla letteratura dimostrano che le reazioni allergiche alle leghe metalliche non hanno carattere sistemico, ma producono soltanto lesioni di tipo eczematoso nella stessa sede cutanea o mucosa nella quale si è verificato il contatto con l'apparecchio ortodontico. La mancata estrinsecazione sistemica di tali risposte viene spiegata sulla base di due ordini di considerazioni. In primo luogo, le apparecchiature ortodontiche applicate in sede intraorale non sono in grado di rilasciare componenti ionici elementari all'interno del circolo sanguigno; pertanto, le terapie ortodontiche non possono determinare una sensibilizzazione di tipo sistemico dell'organismo. Inoltre, la patogenesi delle reazioni allergiche indotte dal nichel è riconducibile ad un meccanismo di ipersensibilità di tipo ritardato e, come tale, non è in grado di determinare segni o sintomi di tipo generale. Il carattere strettamente locale delle risposte avverse ai materiali metallici fa sì che esse costituiscano un fenomeno clinico ben circoscritto e quindi facilmente controllabile con i comuni ausili terapeutici a disposizione del medico. Un'ulteriore considerazione va riservata alla possibilità che le terapie ortodontiche con apparecchiature di tipo metallico possano fare insorgere nei pazienti, pur in assenza di sintomatologia clinica manifesta, uno stato di ipersensibilità al nichel. Questa condizione, infatti, risulterebbe predisponente all'insorgenza di manifestazioni cliniche di tipo allergico a seguito di contatti ulteriori con tale elemento. Quest'ipotesi non ha trovato conferma nei risultati sperimentali, consentendo quindi di concludere che le leghe metalliche per uso ortodontico sono, da questo punto di vista, del tutto sicure. È opportuno, infine, osservare che la conoscenza dei meccanismi biologici che sono alla base delle reazioni allergiche ai materiali ha consentito di individuare alcune caratteristiche che vengono considerate essenziali per ottenere apparecchiature ortodontiche dotate di un basso potere allergizzante. Si ricorderà, a questo proposito, l'importanza che è stata attribuita alla necessità di produrre materiali dotati della più alta omogeneità di composizione possibile, fino a raggiungere la caratteristica "ideale" della monocomposizionalità. Poiché questo ed altri requisiti sono stati ormai recepiti a livello di produzione industriale, si può ritenere che molte delle apparecchiature ortodontiche attualmente disponibili sul mercato presentino un ridottissimo potere allergizzante. In proposito, la sostituzione delle tradizionali saldature con leghe d'apporto da parte delle più innovative tecniche di puntatura laser e l'utilizzazione della tecnica del Metal Injection Moulding (MIM) per la produzione di attacchi ha rappresentato un notevole elemento migliorativo non soltanto delle proprietà meccaniche degli apparecchi metallici, ma anche delle loro caratteristiche di biocompatibilità. Nonostante la documentata rarità delle manifestazioni allergiche ai materiali ortodontici e la loro minima gravità clinica, è opportuno sottolineare come spetti al medico dimostrare una piena consapevolezza nei confronti del problema della biocompatibilità, soprattutto in relazione ai "nuovi" materiali che la tecnologia industriale, sempre in continua evoluzione, intenderà sottoporre al vaglio della sua esperienza clinica.

La biocompatibilità dei materiali è un tema che nel corso degli anni ha riscosso un interesse sempre maggiore sia nell'ambito della comunità scientifica ortodontica che da parte della moderna ingegneria industriale. Il motivo di una così spiccata attenzione è in gran parte da ascrivere alla continua e progressiva evoluzione cui, particolarmente negli

ultimi decenni, è andata incontro la tecnologia di produzione dei materiali ortodontici. Infatti, di pari passo con il perfezionarsi di una tecnologia altamente avanzata, negli anni si è venuto a realizzare lo sviluppo di una gamma di materiali sempre più sofisticati e versatili. E' indubbio che la disponibilità di mezzi così evoluti ha contribuito in modo notevole ad ampliare le possibilità di cura dell'ortodontista. E' stato, infatti, grazie anche ai "nuovi" materiali che il clinico è venuto a confrontarsi con prospettive di cura che non sarebbero state immaginabili prima dell'avvento dell'attuale era tecnologica (36,37). D'altra parte, una proliferazione così rapida di mezzi terapeutici ha sollevato perplessità crescenti sulle caratteristiche di sicurezza dei materiali nei confronti dei tessuti dell'organismo. Infatti, la proposta di nuovi materiali da parte della ricerca industriale non ha tenuto sempre il passo con un adeguato processo di verifica clinica; è stato così che nella pratica ortodontica si sono verificate situazioni inattese di effetti dannosi nei confronti del paziente prodotti da parte di materiali decisamente innovativi ma non sufficientemente testati sotto il profilo delle caratteristiche di accettabilità biologica (46). Un ulteriore elemento di riflessione scaturisce dall'uso, peraltro molto frequente, dei materiali ortodontici in pazienti ancora in fase di crescita. E' noto, in proposito, che in età evolutiva le reazioni immunitarie nei confronti di sostanze estranee sono da considerarsi potenzialmente immature e quindi suscettibili di esprimersi con manifestazioni cliniche di tipo iperreattivo. In particolare, le risposte di ipersensibilità note come reazioni di tipo atopico sono decisamente più frequenti nelle età evolutive precoci rispetto a quanto si osserva a crescita ultimata (61). E' per questi motivi che l'avvicinarsi di proposte industriali sempre nuove, ma non sempre sufficientemente vagliate sotto il profilo allergologico, ha fatto sorgere motivate perplessità sull'uso dei materiali ortodontici in età pediatrica. Sulla base di queste considerazioni, si impone al clinico di oggi una pausa di riflessione sulle caratteristiche di biocompatibilità che sono proprie dei materiali per ortodonzia. L'obiettivo di questo studio è quello di condurre una revisione critica della letteratura relativa alle informazioni disponibili su questo argomento.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ABBAS AK, LICHTMAN AH, POBER JS. Immunoglobulin E and mast cell/basophil-mediated immune reactions. In: Abbas AK, Lichtman AH, Pober JS, eds. Cellular and molecular immunology. Philadelphia: Saunders Co.; 1991. p. 284-297.
- 2) ABBAS AK, LICHTMAN AH, POBER JS. Effector cells of cell-mediated immunity. In: Abbas AK, Lichtman AH, Pober JS, eds. Cellular and molecular immunology. Philadelphia: Saunders Co.; 1991. p. 245-258.
- 3) ASSAD M, LEMIEUX N, RIVARD CH. Immunogold electron microscopy in situ end-labeling (EM-ISEL): assay for biomaterial DNA damage detection. Biomed Mater Eng 1997;7:391-400.
- 4) ASSAD M, LOMBARDI S, BERNECHE S, DESROSIERS EA, YAHIA LH, RIVARD CH. [Assays of cytotoxicity of the Nickel-Titanium shape memory alloy]. Ann Chir 1994;48:731-736.
- 5) ASSAD M, YAHIA LH, RIVARD CH, LEMIEUX N. In vitro biocompatibility assessment of a nickel-titanium alloy using electron microscopy in situ end-labeling (EM-ISEL). J Biomed Mater Res 1998;41:154-161.
- 6) BARRETT RD, BISHARA SE, QUINN JK. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993;103:8-14.
- 7) BASS JK, FINE H, CISNEROS GJ. Nickel hypersensitivity in the orthodontic patient. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993;103:280-285.

- 8) BENCKO V. Nickel: a review of its occupational and environmental toxicology. *J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol* 1983;27:237-247.
- 9) BISHARA SE. Oral lesions caused by an orthodontic retainer: a case report. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:115-117.
- 10) BISHARA SE, BARRETT RD, SELIM MI. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;103:115-119.
- 11) BURDEN DJ, EEDY DJ. Orthodontic headgear related to allergic contact dermatitis: a case report. *Br Dent J* 1991;170:447-448.
- 12) BURROWS D. Hypersensitivity to mercury, nickel and chromium in relation to dental materials. *Int Dental J* 1986;36:30-34.
- 13) CRAIG RG, HANKS CT. Cytotoxicity of experimental casting alloys evaluated by cell culture tests. *J Dent Res* 1990;69:1539-1542.
- 14) DE SILVA BD, DOHERTY VR. Nickel allergy from orthodontic appliances. *Contact Dermatitis* 2000;42:102-103.
- 15) DELESCLUSE J, DINET Y. Nickel allergy in Europe: the new European legislation. *Dermatology* 1994;189 (suppl. 2):56-57.
- 16) DIAZ LA, PROVOST TT. Dermatologic diseases. In: Stites DP, Stobo JD, Wells JV, eds. *Basic & clinical immunology*. Norwalk: Appleton & Lange; 1987. p. 517-533.
- 17) DICKSON G. Contact dermatitis and cervical headgear. *Br Dent J* 1983;155:112.
- 18) DORAN A, LAW FC, ALLEN MJ, RUSHTON N. Neoplastic transformation of cells by soluble but not particulate forms of metals used in orthopaedic implants. *Biomaterials* 1998;19:751-759.
- 19) DUNLAP CL, VINCENT SK, BARKER BF. Allergic reaction to orthodontic wire: report of a case. *JADA* 1989;118:449-450.
- 20) FRICK OL. Immediate hypersensitivity. In: Stites DP, Stobo JD, Wells JV, eds. *Basic & Clinical Immunology*. Norwalk: Appleton & Lange; 1987. p. 197-227.
- 21) GJERDET NR, ERICHSEN ES, REMLO HE, EVJEN G. Nickel and iron in saliva of patients with fixed orthodontic appliances. *Acta Odontol Scand* 1991;49:73-8..
- 22) GRANDJEAN P. Human exposure to nickel. *IARC Sci Publ* 1984;53:469-485.
- 23) GREIG D. Contact dermatitis reaction to a metal buckle on a cervical headgear. *Br Dent J* 1983;155:61-62.
- 24) GRIMSDOTTIR MG, GJERDET NR, HENSTEN-PETTERSEN A. Composition and in vitro corrosion of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;101:525-532.
- 25) GRIMSDOTTIR MG, HENSTEN-PETTERSEN A, KULLMANN A. Cytotoxic effects of orthodontic appliances. *Eur J Orthod* 1992;14:47-53.
- 26) HAMULA DW, HAMULA W, SERNETZ F. Pure titanium orthodontic brackets. *JCO* 1996;30:140-144.
- 27) HUNT NP, CUNNINGHAM SJ, GOLDEN CG, SHERIFF M. An investigation into the effects of polishing on surface hardness and corrosion of orthodontic archwires. *Angle Orthod* 1999;69:433-440.

- 28) HUTCHINSON I. Hypersensitivity to an orthodontic bonding agent. A case report. *Br J Orthod* 1994;21:331-333.
- 29) JACOBSEN N, HENSTEN-PETTERSEN A. Occupational health problems and adverse patient reactions in orthodontics. *Eur J Orthod* 1989;11:254-264.
- 30) JANSON GR, DAINESI EA, CONSOLARO A, WOODSIDE DG, DE FREITAS MR. Nickel hypersensitivity reaction before, during, and after orthodontic therapy. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;113:655-660.
- 31) KEROSUO H, KANERVA L. Systemic contact dermatitis caused by nickel in a stainless steel orthodontic appliance. *Contact Dermatitis* 1997;36:112-113.
- 32) KEROSUO H, KULLAA A, KEROSUO E, KANERVA L, HENSTEN-PETTERSEN A. Nickel allergy in adolescents in relation to orthodontic treatment and piercing of ears. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;109:148-154.
- 33) KEROSUO H, MOE G, HENSTEN-PETTERSEN A. Salivary nickel and chromium in subjects with different types of fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:595-58..
- 34) KIM H, JOHNSON J. Corrosion of stainless steel, nickel-titanium, coated nickel-titanium, and titanium orthodontic wires. *Angle Orthod* 1999;69:39-44.
- 35) KOCADERELI I, ATILLA A, KALE S, OZER D. Salivary nickel and chromium in patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2000;70:431-434.
- 36) KUSY RP. A review of contemporary archwires: Their properties and characteristics. *Angle Orthod* 1997;67:197-208.
- 37) KUSY RP. The future of orthodontic materials: The long-term view. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;113:91-95.
- 38) LOCCI P, GUERRA M, CALVITTI M, et al. Biocompatibilità in vitro delle leghe ortodontiche. *Ortognatodonzia Italiana* 1998;7:447-455.
- 39) LOCCI P, MARINUCCI L, LILLI C, et al. Biocompatibility of alloys used in orthodontics evaluated by cell culture tests. *J Biomed Mater Res* 2000;51:561-568.
- 40) LOWEY MN. Allergic contact dermatitis associated with the use of an Interlandi headgear in a patient with a history of atopy. *Br Dent J* 1993;175:67-72.
- 41) MAGNUSSON B, BERGMAN M, BERGMAN B, SOREMARK R. Nickel allergy and nickel-containing dental alloys. *Scand J Dent Res* 1982;90:163-167.
- 42) MAIJER R, SMITH DC. Corrosion of orthodontic bracket bases. *Am J Orthod* 1982;81:43-48.
- 43) MAIJER R, SMITH DC. Biodegradation of the orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1986;90:195-198.
- 44) MAJNO G, JORIS I. Cell injury and cell death. In: Majno G, Joris I, eds. *Cells, tissues, and disease: principles of general pathology*. Cambridge, MA: Blackwell Science; 1996. p. 175-228.
- 45) MAJNO G, JORIS I. Hypersensitivity reactions. In: Majno G, Joris I, eds. *Cells, tissues, and disease: principles of general pathology*. Cambridge, MA: Blackwell Science; 1996. p. 509-556.
- 46) MATASA C. Biomaterials in orthodontics. In: Graber T, Vanarsdall R, eds. *Orthodontics*.

Current principles and techniques. St. Louis: Mosby, Inc.; 2000. p. 305-339.

47) MOLLER DR, BROOKS SM, BERNSTEIN DI, CASSEDY K, ENRIONE M, BERNSTEIN IL. Delayed anaphylactoid reaction in a worker exposed to chromium. *J Allergy Clin Immunol* 1986;77:451-456.

48) MOSTARDI G, SICILIANI G, PUJIA A. Le problematiche allergiche nel paziente ortodontico. *Doctor Os* 1999;10:57-62.

49) NATTRASS C, IRELAND AJ, LOVELL CR. Latex allergy in an orthognathic patient and implications for clinical management. *Brit J Or Maxillofac Surgery* 1999;37:11-13.

50) NIEBOER E, EVANS SL, DOLOVICH J. Occupational asthma from nickel sensitivity: II. Factors influencing the interaction of Ni²⁺, HSA, and serum antibodies with nickel related specificity. *Br J Ind Med* 1984;41:56-63.

51) NOVEY HS, HABIB M, WELLS ID. Asthma and IgE antibodies induced by chromium and nickel salts. *J Allergy Clin Immunol* 1983;72:407-412.

52) PARK HY, SHEARER TR. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. *Am J Orthod* 1983;84:156-159.

53) PUTTERS JL, KAULESAR SUKUL DM, DE ZEEUW GR, BIJMA A, BESSELINK PA. Comparative cell culture effects of shape memory metal (Nitinol), nickel and titanium: a biocompatibility estimation. *Eur Surg Res* 1992;24:378-382.

54) ROSE EC, JONAS IE, KAPPERT HF. In vitro investigation into the biological assessment of orthodontic wires. *J Orofac Orthop* 1998;59:253-264.

55) SERNETZ F: Materiali ortodontici e biocompatibilita'. Syllabus S.I.D.O. (7),1997. 1997. (UnPub)

56) SMART E, MACLEOD R, LAWRENCE C. Allergic reactions to rubber gloves in dental patients: report of three cases. *Br Dent J* 1992;172:445-447.

57) SPECK KM, FRAKER AC. Anodic polarization behavior of Ti-Ni and Ti-6Al-4V in simulated physiological solutions. *J Dent Res* 1980;59:1590-1595.

58) STAERKJAER L, MENNÈ T. Nickel allergy and orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1990;12:284-289.

59) STAFFOLANI N, DAMIANI F, LILLI C, et al. Ion release from orthodontic appliances. *J Dent* 1999;27:449-454.

60) TEMESVARI E, RACZ I. Nickel sensitivity from dental prosthesis. *Contact Dermatitis* 1988;18:50-64.

61) TERR AI. Allergic diseases. In: Stites DP, Stobo JD, Wells JV, eds. *Basic & clinical immunology*. Norwalk: Appleton & Lange; 1987. p. 435-456.

62) TOSTI R, FIORILLO G, SICILIANI G. Aspetto anatomopatologico di gengivite marginale in corso di terapia ortodontica in pazienti positivi al patch test del nichel. *Ortognatodonzia Italiana* 2001;10:25-29.

63) TRENTZ OA, ZELLWEGER R, AMGWERD MG, UHLSCHMID GK. [Testing bone implants in cell lines and human osteoblasts]. *Unfallchirurg* 1997;100:39-43.

64) TROMBELLI L, VIRGILI A, CORAZZA M, LUCCI R. Systemic contact dermatitis from an

orthodontic appliance. Contact Dermatitis 1992;27:259-260.

65) VAN MOORLEGHEM W, BESSELINK P. Shape memory and superelastic alloys: the new medical materials with growing demand. In: . Amsterdam: Atti del congresso "Medical design and materials"; 1995. p. 93-112.

66) WICHELHAUS A, CULUM T, SANDER F. Composition de surface des alliages orthodontiques: investigations particulières sur le taux de nickel. Rev Orthop Dento Faciale 1997;31:99-118.

67) WILSON A, GOULD D. Nickel dermatitis from a dental prosthesis without buccal involvement. Contact Dermatitis 1989;21:53.

To cite this article please write:

E. Defraia, A. Marinelli, G. Mannori. Biocompatibility of orthodontic materials: A review. Second Part. Virtual Journal of Orthodontics [serial online] 2002 November 15; 5(1): Available from URL:<http://www.vjo.it/051/bio2.htm>

[about us](#) | [current issue](#) | [home](#)

Virtual Journal of Orthodontics ISSN - 1128 6547

Issue 5.1 - 2002 - <http://www.vjo.it/vjo051t.htm>

Copyright © 1996-2002 All rights reserved

E-mail: staff@vjo.it.