

Interazioni tra dispositivi per ortodonzia e implantologia dentale e indagini diagnostiche per immagini

L'esigenza di redigere questo documento è nata dalle numerose richieste ricevute negli anni dal Servizio Qualità Leone riguardo ai possibili effetti negativi degli impianti dentali e dei dispositivi ortodontici fissi sul paziente o sulle bioimmagini durante gli esami di Risonanza Magnetica per Immagine (RMI) e Tomografia Computerizzata (TC), in quest'ultima categoria è compresa anche la Cone Beam Computed Tomography (CBCT). L'analisi della letteratura scientifica e il parere di alcuni esperti ci permettono di affermare che, per quanto riguarda le tecniche di indagine che impiegano radiazioni ionizzanti (TC e CBCT), tutti i dispositivi per ortodonzia e implantologia dentale in metallo non presentano effetti negativi sul paziente e se generano artefatti sulle bioimmagini, questi sono facilmente riconducibili alla presenza del dispositivo, inoltre, tali artefatti possono essere attenuati regolando i parametri di acquisizione della bioimmagine e grazie ai software di elaborazione delle immagini. Per quanto riguarda la RMI, invece, è necessario distinguere i dispositivi per implantologia dentale dai dispositivi per ortodonzia. I primi provocano difficilmente sensazione traente o surriscaldamento al paziente e gli eventuali artefatti presenti sulla bioimmagine sono facilmente riconducibili alla presenza dell'unità implanto-protetica. I dispositivi per ortodonzia fissa in metallo, invece, che possono avere o acquisire proprietà magnetiche, potrebbero essere pericolosi per il paziente durante l'esame e generare artefatti sulle bioimmagini.

La Risonanza Magnetica per Immagine, indicata con l'acronimo RMI o MRI (dall'inglese Magnetic Resonance Imaging), detta anche tomografia a risonanza magnetica (Magnetic Resonance Tomography, MRT), risonanza magnetica tomografica (RMT) oppure semplicemente RM, è una tecnica di generazione di immagini, usata prevalentemente a scopi diagnostici in campo medico e basata sul principio fisico della risonanza magnetica nucleare. E' una rappresentazione del distretto corporeo di interesse che deriva dall'interazione degli atomi con un campo magnetico applicato costante e un campo magnetico rotante ortogonale al primo. Il momento magnetico degli atomi dei tessuti tende ad allinearsi al campo magnetico costante e a ruotare a causa del campo magnetico variabile. La frequenza del campo magnetico variabile è scelta in modo tale da stabilire una condizione di risonanza.



Figura 1: apparecchiatura per risonanza magnetica.

Una volta che il campo magnetico rotante viene rimosso, gli atomi tendono a tornare allo stato iniziale di equilibrio. La variazione delle componenti longitudinali e trasversali del momento magnetico degli atomi viene registrato dalla bobina ricevente e quindi usato per creare la bioimmagine (in Figura 1, apparecchiatura per risonanza magnetica).

La Risonanza Magnetica è generalmente non dannosa per il paziente, eccetto per i casi in cui il campo magnetico interagisca con materiali metallici presenti nel corpo del paziente.

Il paziente è invece sottoposto a radiazioni ionizzanti (Raggi X) nel caso della Tomografia Computerizzata, indicata con l'acronimo TC o CT (dall'inglese Computed Tomography). È possibile quindi ottenere una rappresentazione del coefficiente di attenuazione dei Raggi X nell'oggetto in una sezione predefinita. E' nota anche come TAC (tomografia assiale computerizzata) o CAT (dall'inglese Computed Axial Tomography), ma l'aggettivo "assiale" è attualmente inappropriato, è preferibile definirla tecnica Spiral CT. Tale tecnica permette di acquisire in un unico passaggio dati relativi ad un intero volume, grazie all'integrazione della tecnologia slip ring (rotazione continua del tubo radiogeno) con la traslazione del lettino del paziente. Ulteriore applicazione della Tomografia Computerizzata è la Tomografia Computerizzata Cone Beam (in inglese Cone Beam Computed Tomography, CBCT) o Tomografia Computerizzata a Fascio Conico. È una tecnologia di imaging radiologico che impiega una sorgente a Raggi-X che compie un unico giro completo di 360° gradi intorno all'oggetto da esaminare, emettendo un fascio di forma conica o piramidale (da qui il nome "cone beam"). La tomografia computerizzata Cone Beam è frequentemente utilizzata in campo dentale, e presenta il vantaggio di impiegare una dose di radiazioni ionizzanti nettamente inferiore rispetto alla tomografia computerizzata.

L'inconveniente di tali tecniche è l'utilizzo di raggi ionizzanti, dannosi per il corpo umano.

Per quanto riguarda le tecniche di indagine che impiegano radiazioni ionizzanti (Tomografia Computerizzata, Tomografia Computerizzata Cone Beam), tutti i dispositivi per ortodonzia e implantologia dentale non presentano effetti negativi sul paziente e se generano artefatti sulle bioimmagini, questi sono facilmente riconducibili alla presenza del dispositivo (Figura 2).



Figura 2: Esempio di artefatti generati da attacchi metallici su bioimmagine acquisita tramite CBCT. In particolare, si possono notare le linee più chiare a raggiera attorno ai dispositivi metallici, dovute al fenomeno dello scattering dei raggi X.

Gli effetti dei dispositivi ortodontici e implantologici in metallo dovrebbero, invece, essere monitorati con cautela durante l'esame di RMI (Risonanza Magnetica per Immagine).

Gli articoli metallici Leone che possono produrre effetti sull'esame di RMI sono raggruppabili in due grandi categorie:

1. Dispositivi per implantologia: impianti dentali, mono-impianti per overdenture o-ring, tappi di guarigione, tappi di chiusura in polimero e bario medicale, monconi e altri componenti protesici.
2. Dispositivi per ortodonzia fissa: attacchi metallici, bande, tubi, fili, archi e molle, legature e colombelle, viti ad espansione, saldature in argento, impianti per ancoraggio ortodontico, separatori radiopachi in poliuretano e bario medicale.

I dispositivi per implantologia indicati al punto 1 sono realizzati in maggior parte in lega di Titanio grado 5 amagnetico la cui composizione chimica è in accordo alla ISO 5832-3. I tappi di chiusura in polimero hanno un contenuto attorno al 40% di bisolfato di bario che è un materiale diamagnetico¹. Alcuni particolari componenti protesici sono realizzati in lega aurea amagnetica. Questi articoli non dovrebbero produrre effetti sull'esame di RM. È comunque possibile che talvolta, in relazione alla tipologia di macchina che effettua l'esame, all'intensità del campo, alla zona esaminata, al magnetismo indotto causato dalle normali pratiche odontoiatriche (applicazione con altri articoli e strumenti odontoiatrici metallici o presenza in bocca di altre tipologie di metalli), sulle immagini RMI si generino degli artefatti di vicinanza. Tali artefatti difficilmente ingenerano false interpretazioni dei risultati in quanto sono di solito riconducibili alla presenza dell'impianto e difficilmente causano sensazione traente o di rialzo termico nel paziente.

I dispositivi ortodontici indicati al punto 2 sono realizzati prevalentemente in acciaio austenitico amagnetico di tipo AISI 316, AISI 301, AISI 302, AISI 303, AISI 304, mentre alcune tipologie di attacchi ortodontici sono prodotti in acciaio semi-austenitico di tipo AISI 630 con intrinseche caratteristiche ferromagnetiche. Oltre che con acciaio austenitico, molle, archi e fili sono realizzati con leghe nobili amagnetiche di nichel-titanio, cromo-cobalto o titanio-molibdeno. I separatori radiopachi in moduli hanno un contenuto attorno al

¹ Il diamagnetismo è una forma di magnetismo che alcune sostanze mostrano solo in presenza di campi magnetici, e si manifesta con una magnetizzazione avente stessa direzione ma verso opposto a quella associata al campo esterno applicato al materiale diamagnetico stesso. Pertanto, mentre è un caratteristico agente di contrasto nell'esame di TC, il solfato di bario non è comunemente utilizzato come mezzo di contrasto nell'esame di RMI anche se viene raramente utilizzato per potenziarne l'uso nel tratto gastrointestinale.

10% di bario medicale diamagnetico. E' pertanto fondamentale conoscere l'esatta identificazione degli articoli presenti nella bocca del paziente (attraverso il codice Leone e il numero di lotto di fabbricazione) per poterne determinare le esatte caratteristiche magnetiche iniziali. Si deve tuttavia ricordare che gli acciai austenitici presentano una fase austenitica non magnetica instabile che si trasforma in una fase martensitica magnetica se deformati plasticamente, come ad esempio in seguito alle operazioni di piegatura. Anche per effetto di una saldatura, l'acciaio austenitico sembra passare inevitabilmente alla fase magnetica ferritica. Inoltre, tutti gli articoli metallici con caratteristiche amagnetiche iniziali possono subire un parziale magnetismo indotto, causato dall'applicazione, dall'assemblaggio e dall'uso congiunto con altri articoli (basti pensare all'intimo contatto tra gli attacchi, gli archi ortodontici e le legature metalliche), con accessori e strumenti, dalla presenza di altri metalli nella bocca del paziente, se del caso, dalle lavorazioni che possono essere state eseguite sull'apparecchio su misura da parte del laboratorio odontotecnico (Figura 3).

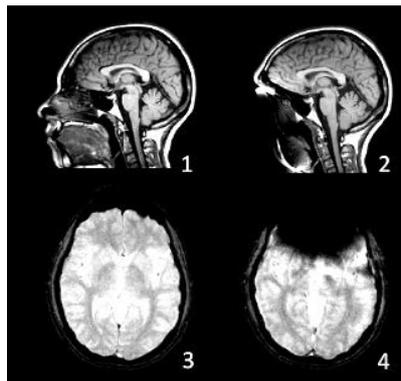


Figura 3: Distortion caused by stainless steel brackets detected by the 2 MRI sequences:

- 1, plastic trays, sagittal T1-weighted image;
- 2, stainless steel brackets, sagittal T1-weighted image;
- 3, plastic trays, axial GRE;
- 4, stainless steel brackets, axial GRE. [Elison, 2009]

Poiché gli articoli ortodontici Leone sono sempre utilizzati per la fabbricazione di apparecchi ortodontici su misura da parte di personale specializzato attraverso un processo di produzione non controllato che utilizza talvolta anche prodotti di fabbricanti diversi, è impossibile prevedere tutti i casi.

Si noti che gli articoli ortodontici Leone e gli apparecchi ortodontici fissi su misura (assemblati con tali dispositivi) non sono stati valutati per la sicurezza e la compatibilità in ambiente RMI. Non sono stati testati per quanto riguarda il riscaldamento, la migrazione o gli artefatti d'immagine nell'ambiente di risonanza magnetica. La sicurezza degli articoli ortodontici e degli apparecchi fissi su misura nell'ambiente RMI è sconosciuta. La scansione di un paziente con questi dispositivi può provocare lesioni al paziente o creare artefatti sulle bioimmagini.

In conclusione, si raccomanda al paziente di segnalare preventivamente al personale sanitario addetto all'esame di RMI (Risonanza Magnetica per Immagine) la presenza in bocca di qualsiasi tipologia di dispositivo e di materiale dentale, sulla base delle informazioni ricevute dal proprio odontoiatra curante che vorrà tenere conto anche delle considerazioni qui indicate.

Riferimenti Bibliografici

- Abbaszadeh K, Heffez LB, Mafee MF. Effect of interference of metallic objects on interpretation of T1-weighted magnetic resonance images in the maxillofacial region. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89:759–765.
- Arash Poorsattar-Bejeh Mira,b,* and Manouchehr Rahmati-Kamelc, Should the orthodontic brackets always be removed prior to magnetic resonance imaging (MRI)?, *J Oral Biol Craniofac Res.* 2016 May-Aug; 6(2): 142–152.
- Aurélien Beau, Denis Bossard and Sarah Gebeile-Chauty, Magnetic resonance imaging artefacts and fixed orthodontic attachments, *European Journal of Orthodontics*, 2015, 105–110.
- Blankenstein F1, Truong BT, Thomas A, Thieme N, Zachriat C., Predictability of magnetic susceptibility artifacts from metallic orthodontic appliances in magnetic resonance imaging. *J Orofac Orthop.* 2015 Jan;76(1):14-29.
- Blankenstein FH1, Truong B, Thomas A, Schröder RJ, Naumann M., Signal loss in magnetic resonance imaging caused by intraoral anchored dental magnetic materials, *Rofo.* 2006 Aug;178(8):787-93. [Article in German].
- Costa A., Appenzeller S., Yasuda C., Pereira F., Zanardi V., Cendes F. Artifacts in brain magnetic resonance imaging due to metallic dental objects. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 14(6):E278-82 (2009).
- Destine D., Mizutani H., Igarashi Y. Metallic Artifacts in MRI Caused by Dental Alloys and Magnetic Keeper. *J Jpn Prosthodont Soc* 52 : 205-210, 2008.
- Eggers G., Rieker M., Kress B., Fiebach J., Dickhaus H., Hassfeld S. Artefacts in magnetic resonance imaging caused by dental material. *MAGMA* (2005) 18: 103–111.
- Elison JM1, Leggitt VL, Thomson M, Oyoyo U, Wycliffe ND, Influence of common orthodontic appliances on the diagnostic quality of cranial magnetic resonance images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009 Jan;135(1):8.
- Gegauff A., Laurell K., Thavendrarajah A., et al. A potential MRI hazard: forces on dental magnet keepers. *J Oral Rehabil* 1990; 17:403-410.
- Go K., Kamman R., Mooyaart E. Interaction of metallic neurosurgical implants with magnetic resonance imaging at 1.5 Tesla as a cause of image distortion and of hazardous movement of the implant. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, Volume 91, Issue 2, 1989, Pages 109-115.
- Haacke E. M., Brown R. W., Thompson M. L., Venkatesan R. *Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design.* John Wiley, 1999.
- Hornak J. P. *The Basics of MRI. Interactive Learning Software 2008.* Edizione italiana a cura di: Larobina M. e Alfano B. - CNR - Istituto di Biostrutture e Bioimmagini, Napoli, III Edizione - Ottobre 2010.
- Jin LY1, Lin J., Influence of dental metallic materials on MR imaging, *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2009 May;38(3):328-32. [Article in Chinese].
- Lissac M., Metrop D., Brugigrad, et al. Dental materials and magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 1991;26:40-45.
- Lomurno G., Lucarini L., Isaza Penco S., Regi L. Gaudio S. Bracket ortodontici in corso di risonanza magnetica nucleare. *Mondo Ortodontico* 2003; 6: 445-452.
- Mattson J, Simon M. *The Pioneers of NMR and Magnetic Resonance in Medicine: The Story of MRI.* Jericho & New York: Bar-Ilan University Press, 1996.
- New P., Rosen B., Brady T., Buonanno F., Kisler J. Burt C., Hinshaw W., Newhouse J., Pohost G., Taveras J. Potenzial Hazards and Artifacts of Ferromagnetic and Nonferromagnetic Surgical and Dental Materials and Devices in Nuclear Magnetic Resonance Imaging. *Radiology* 1983; 147: 139-148.
- Nicolini C., Rigo A. *Biofisica e Tecnologie Biomediche.* Zanichelli, 1994.
- Patel A., Bhavra G. S., O'Neill J. R. S. MRI scanning and orthodontics. *Journal of Orthodontics*, Vol. 33, 2006, 246–249.
- Roth C. *MR Safety*, OutSource Inc, 1996.
- Sadowsky P., Bernreuter W., Lakshminarayanan A., Kennedy P. Orthodontic Appliances and Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Temporomandibular Joint. *The Angle Orthodontist*, January 1988: 9-20.
- Sanders MA1, Hoyjberg C, Chu CB, Leggitt VL, Kim JS., Common orthodontic appliances cause artifacts that degrade the diagnostic quality of CBCT images, *J Calif Dent Assoc.* 2007 Dec;35(12):850-7.
- Shafiei F., Honda E., Takahashi H., Sasaki T. Artifacts from dental casting alloys in magnetic resonance imaging. *J Dent Res* 82 (8), 2003. Pp 602-606.
- Sherlock F., Crues J. High-Field-Strength MR Imaging and Metal Biomedical Implants: An Ex Vivo Evaluation of Deflection Forces. *American Journal of Roentgenology* 1988; 151: 389-392.
- Sherlock F., Curtis J. *MR Imaging and Biomedical Implants, Materials, and Devices: An Updated Review.* *Radiology* 1991; 180: 541-550.

- Starčuk Z., Bartušek K., Hubálková H., Bachorec T., Starčuková J., Krupa P. Evaluation of MRI artifacts caused by metallic dental implants and classification of the dental materials in use. *Measurement Science Review*, Volume 6, Section 2, No. 2, 2006.
- Suh J., Jeong E., Shin K., Cho J., Na J., Kim D. Han C. Minimizing artifacts caused by metallic implants at MR imaging: experimental and clinical studies. *American Journal of Roentgenology* 1998; 171: 1207-1213.
- U.S. Food And Drug Administration. Guidance for Industry and FDA Staff. Establishing Safety and Compatibility of Passive Implants in the Magnetic Resonance (MR) Environment. August 21, 2008.
- Valli G., Coppini G. *Bioimmagini*. Patron Editore, Bologna, 2005.
- Wolbarst A. B. *Physics of Radiology*. Prentice Hall, 1993.
- Borsa, Gulmanelli, Scannicchio. *Fisica biomedica*, Pavese, 1983.
- Hinshaw D. B. Jr., Holshouser B., Engstrom H., Tjan A., Christiansen E. Catelli W. Dental material artefacts on MR images. *Radiology* 1988; 166: 777-779.
- www.wikipedia.it, October 2016.
- Zahra Dalili Kajan, Jalil Khademi, Ahmad Alizadeh, Yasamin Babaei Hemmaty, and Zahra Atrkar Roushan, A comparative study of metal artifacts from common metal orthodontic brackets in magnetic resonance imaging, *Imaging Sci Dent*. 2015 Sep; 45(3): 159–168.
- Erika Ozawa, Ei-ichi Honda, Kulthida Nunthayanon Parakonthon, Hiroko Ohmori, Kazuo Shimazaki, Tohru Kurabayashi and Takashi Ono, Influence of orthodontic appliance-derived artifacts on 3-T MRI movies, Ozawa et al. *Progress in Orthodontics* (2018) 19:7.
- Maria Francesca Sfondrini, Lorenzo Preda, Fabrizio Calliada, Lorenzo Carbone, Luca Lungarotti, Luisa Bernardinelli, Paola Gandini and Andrea Scribante, Magnetic Resonance Imaging and Its Effects on Metallic Brackets and Wires: Does It Alter the Temperature and Bonding Efficacy of Orthodontic Devices?, *Materials* 2019, 12, 3971.
- Ingrid Różyło-Kalinowska, Beata Walawska, Agnieszka Predko-Engel, Elżbieta Jurkiewicz, Andrzej Urbanik, MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN ORTHODONTIC PATIENTS Guidelines of the Polish Orthodontic Society (PTO), the Polish Medical Radiological Society (PLTR), and the Polish Dental Association (PTS), *J Stoma* 2019; 72, 1: 1–3.
- Adrienn Dobai, Fanni Dembrowszky, Tamás Vízkelety, Péter Barsi, Fanni Juhász and Csaba Dobó-Nagy, MRI compatibility of orthodontic brackets and wires: systematic review article, Dobai et al. *BMC Oral Health* (2022) 22:298.