关于牙科磁性附着体应用失败的研究

Investigation into the Failure of Dental Magnets

Melissa Alessandra Riley, Andrew John Williams, John Donald Speight, Anthony Damien Walmsley, Ivor Rex Harris 原载 Int J Prosthodont 1999; 12: 249 – 254. (英文)

苏建宏 译 冯海兰 校

摘要 目的 确定磁体用于义齿固位时失败的机理。

材料与方法 磁体样本取自临床戴用 4—18 个月后失败的义齿,切片后用 光学显微镜或扫描电镜观察样本以评价其失败的方式。

结果 本研究的磁性固位系统包括一块钕铁硼磁体,夹裹于一块不锈钢衔铁中,覆以钛帽,用环氧树脂密封套中。导致磁体腐蚀的原因是潮气沿树脂密封层的扩散和包裹材料的破坏。这两种情况下,腐蚀导致磁性吸引力降低,发生了义齿固位力的丧失。

结论 本研究磁性附着体失败的原因有二: (1) 树脂封闭层的破坏; (2) 包裹材料的破坏。二者都要解决以延长这些磁体的寿命。

永久性磁体自 1960 年开始应用于临床义齿固位。可是,要获得足够的固位力,磁体的体积必须很大,因此早期的磁性固位系统并不成功。后来,稀土元素的磁体开始应用,有钐钴磁体(SmCo5)和钕铁硼磁体(NdFeB)。这些磁体既可以提供必要的固位力,体积又可以很小来满足牙科使用。随之,将磁体用于义齿固位再次引起了人们的兴趣。

牙科磁性附着体现在主要用于覆盖义齿,作为其固位 装置设置在所保留的牙根上;同时,牙槽骨得到了保 存,可以获得一副稳定的修复体。一些病人需要额外 的固位和稳定,磁性附着体可以满足这一要求。

第一个磁性固位装置采用开放式磁路设计,有2个磁体,一个植于颌骨内,另一个固定在义齿中。在这种结构中,磁体未得到保护,磁场暴露于口腔环境中。出于磁场对口腔组织潜在影响的担心,人们又开发了闭合式磁路系统。现在的大多数磁性固位系统均采用这一

设计。其原理为:如果一块磁体的两极由一块软磁性 材料(keeper)相连,外部的磁场会避开衔铁,这样就消除了外部的磁场。

首个闭合式磁路系统的产品是由 Gillings 设计的 Innovadent,这是一种磁极分离式的固位系统。它包括一对异极相邻的磁体,还有 2 块可磁化的衔铁:一块衔铁固定,另一块可以分开(牙根内部分)。在这个闭合式磁路循环中,磁场从一块磁体的正极传到相邻的负极。无论义齿佩戴与否,此设计几乎消除了所有外散于口内的磁场。现今所用的典型的磁性固位系统包括一块软磁性材料和一个闭合式磁路的磁体(closed-field magnet)装置。前者粘固于牙根或附着在钛种植体上,后者固定在义齿内(图 1)。最新的闭合式磁路设计为一块磁体"三明治式"夹于 2 块衔铁之间或闭合式磁体装置。 典型的覆盖义齿一般采用 2—4 个磁性附着体,它们尽可能地呈面式分布以获得最大的支持和稳定。

当磁体作为固位装置时,与之相关的主要问题是腐

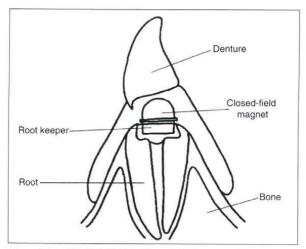


图 1 应用磁性附着体的覆盖义齿结构的纵剖面

蚀。钐钴磁体和钕铁硼磁体对腐蚀极度易感,尤其在含氯化物的环境中。因此,磁性材料在牙科临床应用之前必须确保与口腔液体分隔开。虽然一些流行的磁性固位体用不锈钢或钛将磁体封闭起来,一些固位装置还是在临床应用仅18个月后就失败了,原因是腐蚀和附着体提供的固位力的丧失。人们已采用各种方法以减少该腐蚀问题并获得不同程度的成功。

本研究的目的是进一步研究牙科磁性附着体失败的 机理,并对该问题的可能解决方法作必要的探讨。

材料与方法

选 4 件来自应用磁体附着体的患者的覆盖义齿(表 1)。磁体样本来自在 1989 年至 1997 年间在临床应用 4—18 个月后失败的义齿。这些义齿由于固位力丧失或明显的腐蚀及磨耗而被新义齿取代。有一组磁体(义齿 D)由于过度负荷引起的封闭材料的严重磨耗而被取代。

在一个炉子内将磁体样本加热至 400℃, 使之去磁化, 然后制成切片以便光镜或扫描电镜下观察。400℃时样本去磁化并不影响封闭层或磁体的微结构, 却使树脂分解, 以防其影响观察。每副义齿的磁体用金相树脂包埋, 磨成一个 0.25μm 的面以显示垂直剖面部分。 纵剖面切片用光学显微镜和 Joel5410 及 6300 型扫描电镜观察。用 Joel840 型作波长弥散 X 射线 (WDX)和能量弥散 X 射线(EDX)分析样本的腐蚀。其

表 1 本研究的 4 副磁性附着体

义齿号	使用起止时间	戴用时间	附着体的类型
A	1989. 12 – 1991. 03	16	4 个磁体
В	1991. 03 - 1992. 03	12	4 个磁体
C	1992. 03 - 1993. 09	18	2个磁体+2个栓钉
D	1997. 06 - 1997. 10	4	2个磁体

他样本置于栓钉上,使表面变平,以便用光学显微镜 和扫描电镜观察样本磨损面。对照组(即未使用的相 同设计的磁体)也制成标本和切片以显示初始的结 构。

结果

对照组磁体

切片样本显示闭合式磁路设计为一块钕铁硼磁体呈 "三明治"样夹裹于磁性不锈钢衔铁中,覆以钛帽(图 2)。所有病例的衔铁与钛帽并未用焊接技术连接,而 是采用环氧树脂或类似材料封闭起来。

EDX 分析显示钕铁硼磁体包含钴和镝,它们能提高磁体的居里温度、耐腐蚀性和材料的矫顽性。不锈钢组成包括铁 78.9%,铬 18.3%,镍 2.3%,锰 0.5%。用Kall's 剂酸蚀后,不锈钢表现为马氏体。从组成和微结构来看最可能的合金是马氏体不锈钢。EDX 分析显示是由 99.7% 纯钛及极少量的铁组成。

实验组磁体

所有来自义齿的失败磁体均为相同的设计和结构,即前述的闭合式磁路设计。它们均显示出发生了腐蚀或封闭材料失败的证据,或由于固位力的丧失而被取代。义齿 D 的磁体由于不良的负荷导致的严重磨耗而被取代。虽然还没有磁体腐蚀的外部证据,但样本切片表明在磁体的基部和顶部均发生了腐蚀。在一些样本中,还可观察到裂纹(图 3)。义齿 D 中,磁体的顶部明显开始腐蚀。正如样本边缘的晶粒边界所显示的,晶粒间区开始腐蚀(图 4)。

EDX 和 WDX 分析样本切片表明了腐蚀区和未腐蚀区的区别。WDX 分析显示在腐蚀区有氯化物离子并伴有

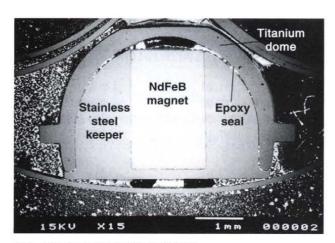


图 2 闭合磁路磁性附着体的纵剖面

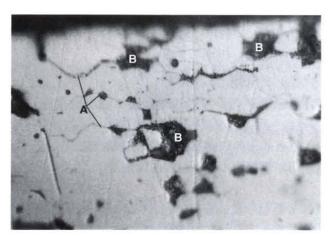


图 4 临床应用 4 个月后,由于潮气沿树脂封闭层扩散,磁体开始腐蚀,显示晶粒边界(A)和晶粒间区腐蚀(B)

高浓度的氧气,在未腐蚀区极少甚至没有检测到氯化物离子或氧气。但由于腐蚀造成材料的丧失而导致了磁体表面的不平坦,以上检测结果并不一定正确。

其它样本显示了不锈钢衔铁表面严重磨耗的证据(图 5)。在钛帽顶部对应的不锈钢表面可以看到很深的沟痕,边缘也裂开了。 磨耗面的一些区域被磨光。一些样本中,不锈钢衔铁的基部产生了大洞(图 5)。在钛帽内能看到磁体腐蚀;沟痕间的黑点说明有不锈钢的点状腐蚀。不锈钢的边界相当清晰,大洞中央的黑色区域是腐蚀掉的磁体。

讨论

28

磁性附着体应用于覆盖义齿和正畸学已有30多年,与

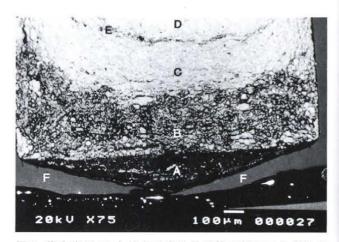


图 3 临床应用 12 个月之后腐蚀的磁体基部显示的腐蚀产物(A),扩大的腐蚀区(B),晶粒间区腐蚀(C),未腐蚀的材料(D),磁体裂纹(E),磨损磁体(F)



图 5 一个临床应用 16 个月后的磁性附着体的磨耗面显示 深沟(A)和点状腐蚀(B)

之相关的最大问题是在口腔环境内的腐蚀。本研究表明磁性附着体发生腐蚀有两种不同的机理: (1) 封闭材料的破坏导致磁体的腐蚀; (2) 潮气和离子沿树脂封闭层的扩散引起了磁体的腐蚀。

钕铁硼磁体和钐钴磁体在唾液中确实发生了腐蚀,因 此在牙科应用中有必要将其封闭或覆盖起来。然而, 封闭材料的不断磨损可以导致磁体暴露。这一现象已 在临床发生,却未充分研究。

磨损以深的擦痕和沟痕的形式表现于不锈钢表面。这些痕迹是由磁体与根面支撑板 2 个面间存在的碎屑和其他颗粒造成的。钛/氮化物保护的软磁衔铁用于该磁性固位系统的连接,其易磨损特性可以引起磁体的过度磨耗。

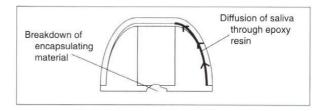


图 6 牙科磁体失败机理示意图

不锈钢在易腐蚀的口腔环境中发生点状腐蚀,在其他 系统中观察到的许多失败的磁体也表现出类似的腐 蚀。看来,需要一种不同的封闭材料或表面涂层材料 来解决相关的这些问题。

本研究发现了与附着体有关的另一个问题,即是潮气和离子沿树脂封闭层扩散,然后腐蚀磁体(图 6)。因此,临床戴用一段时间之后,用树脂封闭层这种设计很可能失败,该时间取决于通过树脂的扩散速度和路程的长短。

磁体开始腐蚀的时间可以用以下公式来估计:

$$t = X^2/D$$

此公式中, t是腐蚀开始的时间(秒为单位), X是从系统外到磁体的距离(此例为 0.25cm), D是潮气在环氧树脂中的扩散系数(通常为 1×10-°cm²s-¹)。用此公式可以计算出潮气在 103 周内到达磁体。以前的研究显示磁体的预期寿命为 77 周(±50周)。以上计算出的结果与这些研究基本一致,特别是在考虑到树脂的多孔性时。图 4显示, 此病例中通过这种途径临床应用仅4个月就开始了腐蚀,提示沿封闭层有裂缝的存在。

为获得一种高度可靠的系统,应该研究其他不可渗透的技术,如激光焊接。这种技术通常用于一些开放式磁路系统,例如 Dyna(Bergen) 和 Steco(Stemmann) 系统。如果运用了激光焊接技术,失败的时间应取决于衔铁的磨损速度(译者注:日本爱知制钢株式会社生产的 Magfit 磁性固位系统,即用不锈钢封套和激光焊接技术,较好地解决了这个问题)。这一领域值得进一步研究。

如果样本与钛帽连接的边缘的衔铁裂开, 腐蚀产物会

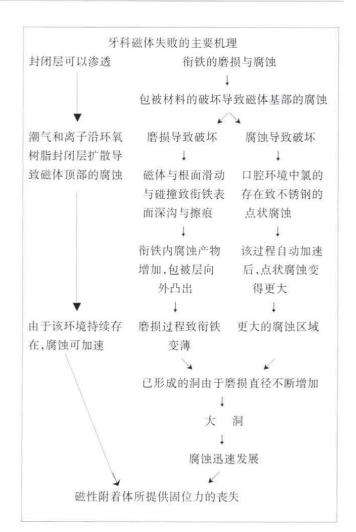


图 7 牙科磁体失败机理概要

漏出来。因为大量磁性材料从覆盖层中丢失,不锈钢 失去支持,于是向内弹性变形。临床上,此点可以观察 到,即在磁体一面的中央有一凹槽。

本研究表明这种磁性固位系统的失败有两种机理,这一点通过样本切片所观察到的2个孤立的腐蚀区得到证实。样本磁体顶部的腐蚀归因于潮气沿树脂封闭层的扩散;磁体基部的腐蚀则是封闭材料被破坏的结果,这种破坏是腐蚀和磨损的综合作用过程。图7对这两种机理作了概要,它们的最终结果是附着体所提供固位力的丧失。