

## 金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料抗菌改性中的应用分析

王 琪

北京安泰生物医用材料有限公司 北京

**【摘要】** 口腔疾病的发生很多时候是牙齿种植和修复材料的表面微生物而导致的，因此提高口腔材料的抗菌性能也是口腔治疗研究的重点问题。目前专家学者利用金属及金属氧化物纳米材料对口腔治疗中的材料进行抗菌改性，但是由于改性后的材料在机械性能和美观度上不太满意，因此还需要专家学者更进一步的研究探索。本文就对金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料抗菌改性中的应用进行综述，以提供参考。

**【关键词】** 金属氧化物；纳米粒子；抗菌改性；口腔材料

### Application analysis of metal and metal oxide nanoparticles in antibacterial modification of oral materials

Qi Wang

Beijing AT&M Biomaterials Co., Ltd, Ltd. Beijing, China

**【Abstract】** The occurrence of oral diseases is often caused by the surface microorganisms of dental implants and restoration materials. Therefore, improving the antibacterial properties of oral materials is also a key issue in oral treatment research. At present, experts and scholars use metal and metal oxide nanomaterials to carry out antibacterial modification of materials in oral treatment, but because the modified materials are not satisfactory in terms of mechanical properties and aesthetics, it is necessary to Experts and scholars conduct further research and exploration. This article reviews the application of metal and metal oxide nanoparticles in the antibacterial modification of oral materials for reference.

**【Keywords】** Metal Oxides; Nanoparticles; Antibacterial Modification; Oral Materials

牙周炎等口腔疾病的主要由牙齿表面或者牙齿修复材料表面未矿化的细菌群体引起的，对于这类口腔疾病，临床只能用口服或局部使用抗生素治疗，但是由于口腔环境的特殊性和细菌越来越严重的耐药性，常规抗生素已经不能起到很好的效果，因此新型口腔抗菌材料成为了专家学者的研究方向。其中由于金属及金属氧化物纳米粒子体积小，但表面积大，并且具有更高抗菌性和耐药性，而广泛用于口腔材料研究使用中。

#### 1 金属及金属氧化物纳米粒子的抗菌机制及安全性

当前常见的具有抗菌性能金属有锌、铜、钛、银等，多属于密度大于  $4.5\text{g/cm}^3$  金属。金属及金属氧化物纳米粒子具有抗菌性能的原因可能是因为纳米粒子会对细菌的细胞膜产生破坏，或者是活性氧的产生以及会抑制细菌的再生。抗菌机制首先是金

属产生的带正电荷的离子与带负电荷的细胞壁相依附，破坏了细胞壁的完整性，打乱细胞壁运输功能；同时纳米粒子还会产生大量的氧自由基，与细胞壁其他离子产生结合，破坏细胞膜干扰细胞代谢；然后纳米粒子进入细菌内部，与 DNA 上 R-SH 结合，抑制细菌生长，从而起到抗菌作用。

金属及金属氧化物纳米粒子的安全性受到很多因素的影响，有含量的多少、类型的不同、颗粒的大小、作用时间的不同以及与其他成分的相互作用的不同等。研究表明低浓度的纳米粒子无毒，高浓度的纳米粒子缺有较高的细胞毒性，但是会跟剂量多少有明显的差别，很多时候应用过程中，并不是一定要高浓度或者低浓度，主要是取决于使用环境和使用条件。并且试验显示纳米粒子的毒性与时间有较强相关性，因为纳米粒子具有更小的粒子直径，更容易与人体器官相融合并积累下来，当存

在一定量时候会造成各式各样的不同表现形式危害,因此目前的所有研究都是在试验阶段,所以对于金属及金属氧化物纳米粒子应用于口腔材料中的合成及涂层方式的不同,需要更多的检测和研究来确定其安全性,以便于更好的服务与现代科技和医学应用中<sup>[1]</sup>。

## 2 金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料修复树脂的研究现状

口腔材料修复树脂是抵抗细菌入侵的第一道防线,可以阻止细菌的生长,减少细菌在口腔修复材料及周围组织的黏附,减少疾病的发生,增强修复效果,提高修复体寿命。修复树脂按照抗菌改性对象分为以下两大类:

### 2.1 树脂基质的抗菌改性

#### (1) 抗粘附模式理论

龋病发生是因为出现了牙菌斑生物膜,主要是以变形链球菌为代表的致病菌在牙齿或修复体表面粘附、定植,从而促使牙菌斑生物膜形成,造成龋病发生。而普通的树脂修复材料自身含有利于病菌生长的因素,易于形成菌膜,因此来说对树脂修复材料进行抗粘附改性,会在一定程度上减少或预防生物膜形成,从而降低因细菌感染引起的口腔内疾病发生几率。

有专家在口腔修复树脂材料中加入两性离子单体 2-甲基丙烯酰氧乙基磷酸胆碱共聚,来改性树脂材料,使得其在水相融时候形成水化层,从而起到排斥蛋白和细菌等的黏附,阻止龋菌的形成,起到预防龋病效果。还有专家在聚甲基丙烯酸树脂中加入金属纳米粒子,使修复材料具有抗粘附性能,来减少细菌在材料表面的黏附,但是不能杜绝细菌黏附表面,那么随着时间积累,还是会增加更多细菌黏附,因此来说这类抗菌体系不能完全阻止细菌感染口腔疾病,需要进一步的研究材料改性。

#### (2) 单一抗菌模式

##### ① 释放型抗菌

释放型抗菌是一种比较简单的抗菌模式,主要是在树脂材料中的抗菌剂主动释放到周围空间,从而起到抗菌效果。常见洗必泰等有机类抗菌剂,因其具有起效快和抗菌性能高,还能与细菌细胞有效结合等特点,混合到树脂材料中,从而起到抗菌效果。

虽然释放型抗菌剂对树脂材料的改性相对方便实用,但是由于抗菌剂融入到材料中,会对材料基本理化性能有所影响,还有其释放出来的抗菌功效,是无法长时间起到抗菌效果,随着时间的推移,效果会大打折扣的,并且释放出来的抗菌物质会对人体口腔环境及口腔组织有一定的影响。

##### ② 接触型抗菌

由于释放型抗菌体系的漏洞问题,专家们研究显示,如果将抗菌剂通过化学形式与修复树脂材料融合一起,那么即使高温或者其他溶液中浸泡等方式作用下,还是可以保证其抗菌性能的,并且可以长久保证树脂材料的抗菌性能及安全性。因此接触型抗菌树脂材料体系现世,主要是抗菌功能基团通过化学形式融入到树脂基质中,与释放型抗菌形式不同,改性后的接触型抗菌材料抗菌性能效果更佳长久性,不需要主动释放抗菌剂,对口腔周围组织及环境无污染,无毒性,并且对树脂的物理特性影响力不大。

专家研究表明,向口腔修复树脂中加入 1wt% 的聚乙烯胺纳米粒子,进行抗菌改性,能有效抑制口腔修复体表面变形链球菌菌斑生物膜的形成。并且通过一个月的老化试验后,再经过抗菌组分的检测分析,修复体不仅保持了原材料的机械性能还持续存在抗菌活性。因此来说季铵盐类抗菌修复树脂,不仅具有抑菌抗菌效果,并且抗菌作用更加温和持久。但是季铵盐类阳离子存在与抗菌树脂表面反而易于吸附蛋白和死亡菌体,从而会阻碍接触抗菌效果,影响抗菌性能,后续还需要更多研究处理。

#### (3) 联合抗菌模式

经过多年对金属及金属氧化物纳米粒子的研究显示,单一种类的抗菌组合成分的抗菌修复树脂,在临床应用中效果并不太理想,很多时候需要各种材料的取长补短,从而制作成复合材料的抗菌修复树脂基质。

##### ① 释放型和接触型抗菌联合

如果把释放型抗菌材料的远程效果和接触性抗菌材料的长久性抗菌效果相结合,从而在空间上和时间上保证了修复材料的持续有效抗菌效果,从而达到临床需求效果。

专家研究显示,当修复材料中添加甲基丙烯酰氧十二烷基溴吡啶或金属纳米银都可以对变形链球

菌生物膜起到抑制效果,如果两种混合使用,只需要添加少量的合成物就可以起到抑菌效果,并且抑菌抗菌效果远远优于单一添加的抗菌体系。此外还可以在此基础上再添加含钙化物,促使脱矿的牙釉质和牙本质再次矿化,不仅可以抑菌抗菌还可以增强材料的使用寿命,一举多得。

### ②抗粘附与抗菌联合

由于抑菌抗菌的原理是,首先减少修复体的依附细菌量,再杀死菌体,因此专家们开始研究抗粘附与抗菌联合材料,希望通过修复材料双重性能起到抑菌抗菌更优效果。通过将不同抗菌性能机理的抗菌剂联合添加到树脂材料中,互相抵消自身抗菌机制的缺陷,提高合成材料的更优性能,从而达到治疗效果<sup>[2]</sup>。

## 2.2 树脂填料的抗菌改性

树脂填料一般都是惰性物质,抗菌效果弱,通过对金属及金属氧化物纳米粒子的研究,选择合适的纳米粒子对树脂填料进行抗菌改性,提高其抗菌性能,增强治疗效果。

### (1) 释放型抗菌改性

树脂基复合材料具有轻质、高强、耐腐蚀等特点,如何合成高性能的树脂基复合材料,也是当前材料界重要课题。气相二氧化硅的问世,为传统树脂基材料的改性提供了一条新的途径,只要能将气相二氧化硅颗粒充分、均匀地分散到树脂材料中,完全能达到全面改善树脂基材料性能的目的。基于此,在口腔修复材料中将洗必泰封装在二氧化硅中,不但能赋予修复材料优异的抑菌抗菌性能,还可以保持其稳定的物理特性;将两性霉素 B 封装在二氧化硅中,提高树脂抗菌性能同时也增加了机械性能;金属银纳米粒子具有杀菌高效性和广谱性,将含银二氧化硅作为复合树脂的填料,银纳米粒子均匀分散在聚合物基质中,充分发挥纳米粒子特性,提高其抗菌能力和机械性能。这些所有的研究都是为了对释放型抗菌复合材料进行改性,以满足临床需求。

### (2) 接触型抗菌改性

鉴于释放型抗菌剂的特性,随着抗菌剂的不断释放,总用消耗殆尽的时候,修复材料将会失去抗菌性,治疗失效。对此需要研究接触型抗菌改性,在以二氧化硅为载体,封装含聚合基团的小分子季铵盐,加入到口腔复合树脂材料中,发现树脂的弯

曲强度和弯曲模量随抗菌纳米粒子加入量成正比例提高,当加入量达到 2.5 wt%时材料抗菌性能已经达到较高水平。因此来说,小分子季铵盐对纳米二氧化硅改性,

不仅可以使得抗菌纳米粒子均匀分散到树脂基质中,还提高了抗菌活性。

整体来讲,如果想要获得抗菌性能和机械性能皆优异的口腔材料,就必须研究对口腔修复材料的抗菌性能改性,提高金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料抗菌改性中的应用。

## 3 金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料抗菌改性中的应用

### 3.1 树脂修复

由于复合树脂的美学表现和机械性能良好等特性,已经成为龋齿治疗的常用材料。但是因为细菌会聚集树脂表面及边缘,因此也常常会诱发病菌。通过研究实验了解含金属或金属氧化物的纳米粒子添加的复合树脂对抗菌性有更好的表现,在提高复合树脂抗菌性的同时还可以改良其机械性能,因此目前在口腔材料中更多选择性价比更好的金属及金属氧化物纳米粒子的复合树脂修复<sup>[3]</sup>。

### 3.2 根管治疗

口腔常见的感染性疾病包括牙髓炎及根尖周炎,治疗的关键点是如何彻底清除根管内的细菌及感染物,但是由于根管结构的复杂性使得彻底治疗困难,添加金属及金属氧化物纳米粒子能增强根管材料的抗菌性,因此广泛应用。

通过实验研究表明金属或金属氧化物的纳米粒子添加到根管冲洗液中,不但可以增强冲洗液的抑菌作用还可以增强生物相容性。根管冲洗之后需要用管内封药物来进一步抑制细菌的活性及再生能力,由于银纳米粒子具有破坏细菌生物膜的功效,更适合用于根管封药添加,以增强良好抗菌效果。由于根管系统的复杂性以及特殊性,想要彻底清除根管内的细菌及感染物质仍然是一个长期的研究课题,需要专家学者进一步探索金属及金属氧化物纳米粒子在根管治疗材料中的应用。

### 3.3 正畸矫治器

由于近些年来人们对口腔牙齿的美观度更加重视,正畸矫治器的应用也非常广泛,但是在使用过程中,由于细菌容易依附矫正器周边而造成并发

症的发生,因此对于矫治器的抗菌能力提高研究也是目前一个重要课题。有研究显示在常用的不锈钢正畸矫治器表面涂覆银纳米粒子可抑制细菌的生长,并且显著降低牙釉质的损坏,但是由于银纳米粒子涂层增加了矫正器的摩擦力,反而不利于治疗过程。使用

二氧化钛纳米涂层,确实可以提高矫治器的抑菌性能,但是本身具有更高的细胞毒性,后期会有其他病毒并发症的产生,因此需要兼顾抗菌作用和更好的使用效果及减少后遗症的产生,需要更多研究金属及金属氧化物纳米粒子的添加使用。

### 3.4 种植体

口腔牙齿种植过程中,种植体表面的细菌会与骨细胞产生竞争表现,治疗效果的成败取决于细菌与骨细胞的竞争结果。目前已经有很多种方法对种植体进行抗菌的研究,其中金属及金属氧化物纳米材料是热点研究,不但可以增强抗菌性能,还可以提高种植体表面的药物载体性能改良。合成过程中可以直接把金属氧化物纳米粒子涂覆于种植体表面,还可作为药物载体应用于种植体的表面性能改良中。

### 3.5 活动义齿基托

聚甲基丙烯酸甲酯因其具有耐老化性和更易于机械性等优点,是制作可摘义齿时常用的基托材料,但是由于其具有多孔性特征,也是细菌及微生物易于依附的场所,从而引发引发义齿性口炎和念珠菌病。目前的研究表明将金属纳米粒子嵌入聚甲基丙烯酸甲酯中可以增强其抗菌性能。同时研究发现金属纳米粒子的加入还会影响基托材料的物理性能。具有含银纳米粒子的聚甲基丙烯酸甲酯不但拥有良好的抗药性能,还具有更强的物理抗压性能,但是对与拉伸和弹性性能有所下降,因此还需要更多的

科研探索能够兼顾各项性能的改性方法。

## 4 总结

本文主要讲解金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料中的应用,

因为纳米粒子的特殊性能,在口腔材料合成中具有更好的抑菌抗菌效果,因此广泛应用。但是由于改性后的口腔材料在某些方面的性能不完善问题,仍然需要专家学者们更多研究实验,以增强纳米粒子的广泛应用。

## 参考文献

- [1] 高鹏. 金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料抗菌改性中的应用进展[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(8):5.
- [2] 曹巍巍. 新型抗菌纳米复合粒子的制备及其在牙科修复树脂中的应用基础研究[D]. 南京理工大学
- [3] 郭锋,李镇江,岑伟,等.金属粒子/光催化氧化物型复合纳米抗菌剂的研究发展[J].化工新型材料,2008,36(3): 74-76.

收稿日期: 2022年3月25日

出版日期: 2022年5月7日

引用本文: 王琪, 金属及金属氧化物纳米粒子在口腔材料抗菌改性中的应用分析[J]. 国际口腔科学研究, 2022, 1(1):10-13

DOI: 10.12208/j.iosr.20220003

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网(CNKI Scholar)、万方数据(WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS