



你有没有想过，补牙有一天会被淘汰？

全球近 45% 的人口正被口腔疾病困扰。龋病（俗称蛀牙）、牙周问题、牙外伤在青少年群体中尤为常见。传统补牙再方便、种植牙再逼真，也只是外来替代品，无法真正替代自己的牙齿。

但现在，一场纳米尺度的革命正在改写历史——不用补，让牙齿自己长出来。这不是科幻，而是正在发生的牙科未来。

# 受损牙齿也能“再生”？

撰文/高春意 周正丽（西南医科大学）



但这些主流手段本质上仍属于人工替代修复——种上的是钛金属假体，充填的是高分子复合材料。即便能恢复牙齿部分功能，也无法复刻天然牙的微观结构与生理机能。这些外来植入物不能像活体组织一样感知温度、自我更新。

倘若受损牙齿能像皮肤伤口一样自主愈合、自我修复，不再依赖人工填充该多好。这曾是科幻般的设想，如今正被一群科学家认真作答。他们从纳米世界找到突破口，为牙齿生物性再生打开了全新大门。

## 纳米“园丁”： 再生四步曲的指挥家

纳米材料，是由纳米量级（1~100 纳米）的晶态或非晶态超微粒为基本结构单元构成的材料。它引导牙髓组织再生的过程，如同科学育苗，分为免疫调节、干细胞激活、血管生成、抗菌防御 4 个协同环节，纳米材料则全程扮演“园丁”角色，为每个阶段传递相应的生物物理和生物化学信号，精确调控再

生进程，重建适合再生的口腔微环境，实现牙体组织原位再生。下面，我们以牙髓再生为例，介绍这“再生四步曲”。

### 免疫调节： 改良修复“土壤”



牙齿受损后，局部组织常处于炎症状态，充满敌意的“土壤”会排斥新生命的萌发。纳米材料可携带抗炎药物或免疫调节分子进行调节，改善“土壤”环境，将排斥修复的组织状态转化为适宜再生的温和环境，为后续修复扫清障碍。

### 干细胞激活： 唤醒沉睡的“种子”



牙髓腔与牙周组织中，本身存在具有分化能力的干细胞，它们是

## 从“补”到“长”： 一场修复理念的革命

说起看牙、补牙，很多人的第一反应是牙齿龋坏了，需要清理龋坏组织，再用树脂、合金等材料填充缺损。广义上的补牙，还包含外伤救治、牙髓治疗、种植牙等多种口腔诊疗方式。

如今的口腔医疗技术飞速发展，



牙齿再生的“种子”，只是处于休眠状态。纳米支架能模拟天然细胞外基质结构，为干细胞提供黏附、增殖、分化的信号，唤醒休眠“种子”，最终结成牙髓牙本质复合体的“果实”。

### 血管生成： 搭建营养“根系”



新生组织需要血液供应才能存活。纳米材料可装载促血管生成因子，引导微血管长入修复区域，持续输送氧气与营养，避免再生组织因养分不足而失败。



### 抗菌防御： 撑起“病虫害”防护网

口腔内细菌繁多，再生初期的组织格外脆弱。多功能纳米材料可搭载抗菌成分，或自身具备抑制细菌黏附的特性，持续抵御有害菌群的侵袭，为修复过程保驾护航。

这4个步骤并非独立进行，而是由纳米材料在空间和时间上精准协同，形成完整的再生链。

## 从补牙到“长牙”， 还有多远？

尽管前景诱人，但要成为牙科临床常规技术，还有一段路要走。目前，大量研究仍处于体外和动物实验阶段，部分技术开始进入早期临床试验。

### 临床“闯关”进行时



例如，聚二羟基喹啉(kuí lín)—纳米羟基磷灰石涂层，可在天然牙釉质表面沉积，复刻天然牙釉质的力学性能，达到相近的微硬度，同时兼具抗菌与再矿化作用。

与此同时，智能响应型纳米材料更是未来的发展方向，pH响应型纳米材料可在蛀牙的酸性环境中释放钙离子，实现早期蛀牙的自我修复；光热响应型材料可通过近红外

光远程调控生长因子释放，精准控制再生进程。

此外，纳米水凝胶也因其优秀的生物学性能等，成为再生性牙髓治疗中的潜力材料。这些研究成果表明，从人工补牙到自体长牙的跨越，正从理想走向现实。

纳米技术驱动牙齿再生，不只是修复手段的升级，更是口腔医学从替代修复到生物再生的理念变革。这项技术成熟后，将彻底改写口腔诊疗范式，让牙齿摆脱“一次性器官”的局限，重新唤醒人体自身的修复能力。

(责任编辑 / 段雯娟 美术编辑 / 周游)

