译文

根管冲洗

Irrigation of the root canal

Edgar Schäfer
原载 ENDO 2007; 1(1):11-27(英文)
刘 洋 译 岳 林 审

摘 要

在根尖周炎的病例中，微生物定植根管系统。目前，通过机械的方法尚不能将根管内的所有微生物彻底清除。因此，要想根除根管内的感染，冲洗是十分必要的。本文对最常用的冲洗剂的不同作用以及它们之间的相互作用进行了讨论，并对临床提出指导性建议。要减少根管内的微生物，至少应用两种不同的冲洗剂才能获得最好的效果。

关键词 根尖周炎；氯己定；消毒；玷污层；次氯酸钠

前言

近年来，在改进根管治疗器械性能方面取得了较大的发展。自从镍钛合金器械应用到根管治疗当中来，几乎每个月都会有一种新型的镍钛旋转器械系统投放到牙科市场。此外，还有一些新的产品和根管充填材料也会进入这个领域。但令人遗憾的是，所有这些发展都是围绕根管治疗的技术方面，而生物学方面方法的改进却很少被关注。根管器械的机械预备与根管内消毒的关系重新令人产生兴趣。对于非手术根管治疗来说，控制感染是获得成功的重要环节。

因此，本文的目的是通过分析根管冲洗方面的相关文献，对常规治疗程序提出冲洗方案以及其他相关建议。

译者 北京大学口腔医学院牙体牙髓科
北京海淀区中关村南大街22号 100081

牙髓炎与根尖周炎

健康的牙髓可被一些刺激所侵袭，例如龋（细菌及其产物）、外伤、医源性因素（牙本质脱水，充填材料的毒性影响和修复体渗漏）和比较少见的全身系统性影响（营养不良）。和机体所有其他部位的结缔组织一样，牙髓对上述刺激会产生炎症反应。最常见的牙髓炎症反应是由龋损病变中的细菌所引发的，对于这些细菌来说牙本质小管就是它们进入的通路，细菌抗原和组织崩解产物由此到达牙髓组织。因此，在细菌侵入到牙髓组织以前的很长一段时间内，牙髓的炎症反应就已经开始了，炎症反应的进一步发展可导致足够的细菌到达牙髓，局部的炎症反应也就不可逆转了。但是即使在这个阶段，存留的活牙髓组织仍将抵抗微生物的侵袭，因此感染仅停留在受累组织的表层，而在根管的近根尖部分，大部分牙髓组织将保持活性，此处尚无细菌感染。

鉴于上述牙髓炎的微生物病因学说，对不可复性牙髓炎的治疗是非常明确的，换言之，对于活髓牙治疗的病例，重点应放在预防感染，而不是清除根管内的感染。既然根管系统的根尖部分没有细菌侵入，那么治疗的目标就是无菌化。在临床治疗当中，保障牙髓治疗过程无菌化最简单也是最有效的方法就是牙齿冠方的消毒和强制使用橡皮障。此外，必须使用消毒的钻针和根管器械，必须戴手套，如果可能，应在首诊时就进行根管充填。因此，牙髓摘除术的基本目的在于防止牙髓感染的扩散，进而预防根尖周炎的发生。

当X线影像和（或）临床体征已表现为根尖周炎时，根管系统肯定已成为微生物聚集的港湾。有充分的证据显示，根尖周病是由坏死牙髓的根管内微生物所致。因此，消毒必须是以彻底清除根管系统内所有的微生物为目的。在感染根管的病例中，临床治疗成功，即促进根尖周炎愈合的关键因素是有效的，理论上应该达到完全的清除根管内的微生物。根管充填时根管内残留的活菌数量与治疗结果间是否存在直接的相关性目前仍有争论。一些研究显示，对于根尖周炎的病例来说，在根充时根管内仍存有活菌，其预后明显欠佳。一项临床研究支持上述结果，该研究表明，根尖周炎患牙经根尖部根管封药的疗效明显好于一次性治疗的病例。而另一方面，近来的研究又没有显示出1次和2次治疗的病例根管内剩余微生物量有何不同，还有报道在根管充填之前无论根管内细菌培养阴性还是阳性，治愈率并没有不同。

根管感染：微生物的定植

牙髓感染通常可分为原发性（原发性根尖周炎）和继发性根管感染（既往根充过的牙齿发生根尖周炎）。一般而言，原发性根管感染以专性厌氧菌多种微生物感染为特征，其中主要的种类是拟杆菌属、卟啉单胞菌属、普雷沃菌属、梭杆菌属、密螺旋体属、消化链球菌属、真杆菌属和弯曲杆菌属。兼性链球菌也常可在原发性感染中被发现。在根尖周炎的根管系统中可检测出大约110种不同的微生物，在单颗感染牙中菌种少于10～15种。在慢性根尖周炎病例菌种中所能检出的微生物种类范围，比急性根尖周炎或急性根尖周脓肿更广泛，后两种情况的细菌检出种类则较为局限。

继发性根管内感染的微生物通常在原发性感染中不存在，这些细菌是在牙髓治疗过程中或治疗后进入根管系统的。如果这些微生物成功地定植于根管系统内，并在局部环境中存活且繁殖起来，就形成了继发性感染。在继发性感染中根管内菌丛的成分与在原发性感染中发现的种类大不相同。通常，继发性感染的优势菌为单一微生物或比原发性感染的菌种为少。实际上，原发性感染中单一感染并不常见，而继发性感染中革兰阳性菌为优势菌，还可发现有真菌。在既往做过根充的根尖周炎患牙中，有时通过纯培养可检出粪肠球菌。

在所有病例中有85%～95%的感染局限于根管系统坏死的牙髓组织内，它们受到细胞（吞噬细胞）和分子（抗体，补体系统）的宿主防御反应的保护。微生物依赖剩余牙髓组织和根周组织渗出物生存，这就是为什么在大多数病例中微生物主要聚居于根管系统的根尖部分的原因。这些根尖部分的微生物通常被炎症根尖周组织中的中性多形核白细胞的致密聚集区或者是靠近根尖孔的上皮栓子所隔离，结果，这些微生物反而受到宿主防御反应的保护。根管内的这些微生物与胞外多糖基质聚合在一起粘附于根管壁的表面，形成所谓的“生物膜”。不幸的是，生物膜中的微生物群体比在根管中浮游生长的微生物对杀菌剂的抵抗力要强1 000倍。

当根管内的感染没有得到恰当的治疗时，细菌就会从主根管内渗入到牙本质小管、侧副根管和其他的根管不规则区域内。50%～80%的根尖周炎患牙的牙本质均有细菌的侵入，以革兰阳性球菌和杆菌为主（图1）。细菌侵入到牙本质小管内的深度可达400 μm以上，而细菌成分例如脂多糖，甚至能够侵入1.2mm深的牙本质小管内。值得注意的是，即使没有存活的细菌，其产物也会产生严重的炎症反应。这些组织损伤的间接机制是由细菌的生化酶（例如胶原酶、透明质酸酶）、外毒素和代谢物（例如丁酸盐、铵、硫化物）以及其他细菌成分，例如肽聚糖、磷酸质和脂多糖所导致的。特别是脂多糖，似乎有能力通过刺激宿主免疫反应的发展而造成组织的严重破坏。内毒素位于革兰阴性菌的外膜上，如上所述，即使没有存活的细菌它也会导致组织的破坏。动物模型显示，在消毒的空根管内放置脂多糖会导致根尖周病损的发展。在与根尖周炎相关联的牙髓组织中，脂多糖含量很高，脂多糖的水平与革兰阴性菌的数量之间有很强的相关性。细菌的代谢物和分解产

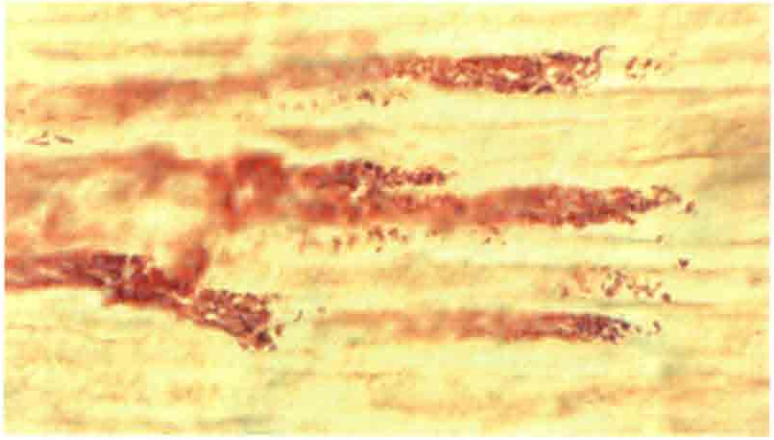

图1 渗透进入牙本质小管的革兰阳性菌（革兰氏染色；原始放大倍数 400 ×）

物在根尖周炎的发病机制中扮演重要的角色，这些研究证实了通过根管冲洗来达到中和脂多糖的必要性。

微生物也聚集在根管系统的玷污层内，这是机械预备后在根管壁上形成的一层薄膜状结构。玷污层产生于根管器械接触过的区域，其中包含牙本质碎屑，细菌成分和生活的或坏死的牙髓组织残片。微生物很容易地从存在于玷污层内的这些有机残留物中获得营养。因此，在感染的病例中应该彻底清除玷污层，从而达到根尖部根管内微生物最大程度的减少。

根尖外部的感染也可能发生，但是比较少见。它们通常在急性根尖脓肿或者放线菌病时出现。根尖外部感染带来的问题是，由于细菌存在于根尖周组织内，非手术的根管治疗各步骤均不可能到达该区域。因此，根尖外部的感染会导致根管治疗的失败。文献中有充分的证据显示，根管预备后遗留在根管系统内的细菌或者是根充后牙齿再次感染（继发感染）的细菌是根管治疗失败的主要原因。

根管机械预备与细菌减少

由于根管系统存在有多样的鳍、峡部、分叉和侧副根管（图2）等复杂的解剖结构，通过根管器械要想完全清理和成形整个根管系统实质上是不可能的。根管内的微生物会定植于这些器械难以达到的区域。另外，这些复杂结构也可以阻止冲洗剂发挥其全部的抗菌潜能。大约79%的恒磨牙在根分叉处有副根管（图3），这些副根管的直径可达到200 μm，所以微生物能够很容易地从根管系统渗透到牙周组织中去，反之亦然。因此，现在推荐在根管充填后髓室底要进行粘结封闭，以防止通过牙周组织造成根管系统的再度感染。

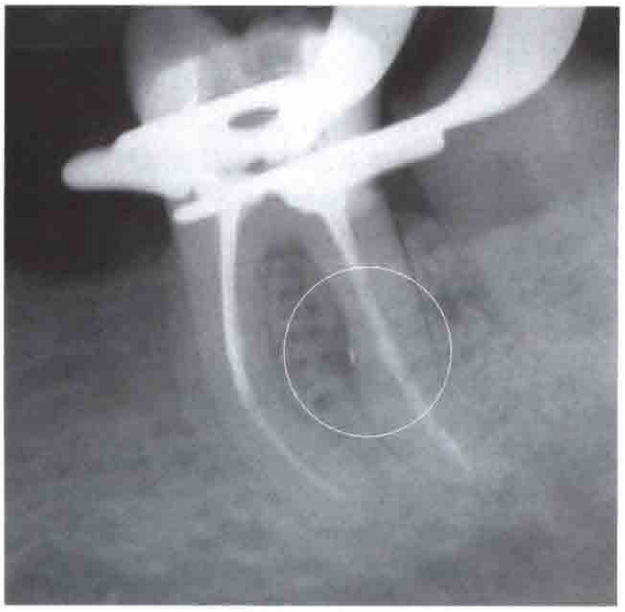

图2 根充后X线片显示出一个被封闭剂部分充填且与侧方病变相关联的侧副根管（圆圈内所示）

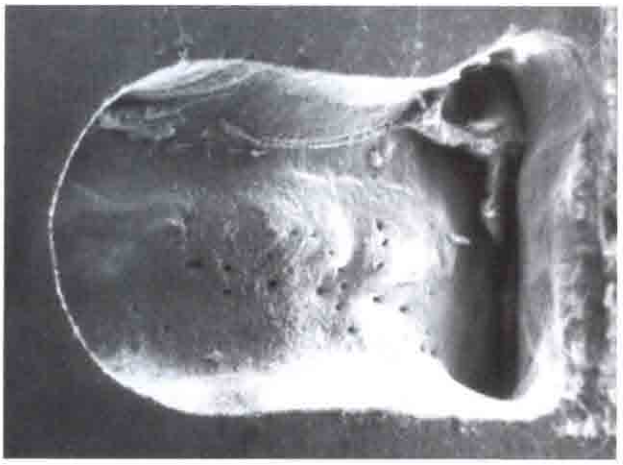

图3 下颌磨牙髓室底多个副孔的扫描电镜图（原始放大倍数 80 ×）

由Byström和Sundqvist进行的经典的Scandinavian研究清楚地显示，通过机械预备能够显著减少根管系统内微生物的数量。这些研究显示，使用手用不锈钢根管锉和灭菌盐水可以致使根管内的微生物减少100～1 000倍，但是要想获得无菌的根管是不可能的。这些结果被进一步地研究所证实，单纯使用手用不锈钢器械不会使根管不存在细菌。这些研究令人信服地论证了机械预备有限的抗菌效果。

更具弹性的镍钛合金的引进导致了旋转器械系统的发展。与传统的手用器械相比，这些进步使清除感染根管内的细菌更加有效。最近，几项研究对使用手用器械（不锈钢或镍钛）和比国际标准.02锥度更大的旋转镍钛器械所形成的根管内细菌的减少量水平进行了比较，几乎所有的这些研究都没有显示出二者之间存在明显的差异。只有大约1/3预备过的根管是无菌的，总体来说两种预备技术都不可能使根管绝对无菌。

总之，不论是使用传统的手用器械还是新型旋转镍钛器械都不可能完全清除根管内的细菌，根管的冲洗才是有效清除细菌的要素。

冲洗的目的和冲洗剂要求

根管冲洗的目的是：

- 降低根管内微生物的含量和中和内毒素。
- 溶解生活或坏死的牙髓组织。
- 润滑器械和根管壁。
- 清除牙本质碎屑。

以下是对根管冲洗剂的要求：

- 广谱抗菌性。
- 生物相容性。
- 组织溶解性。

抗菌的冲洗液

Scandinavian临床研究显示，在根管机械预备过程中大量应用抗菌的冲洗液对减少根管内的微生物含量方面有显著的效果。使用盐水作为根管机械预备过程中的冲洗液，只有20%的根管达到无菌状态。当次氯酸钠应用于根管冲洗时，无菌根管的比率则上升到50%。使用次氯酸钠进行超声活化时根管内微生物的含量进一步减少，接近70%的根管达到无菌。这些研究证实抗菌冲洗液具有极其重要的作用。在根管治疗过程中应用一种或更多种抗菌冲洗液是一种非常好的临床工作方式。

次氯酸钠

次氯酸钠（NaOCl）是根管治疗中应用最广泛的冲洗液，是经筛选后确定下来的冲洗剂。NaOCl在水中溶解成Na^+和OCl^-，即次氯酸盐的离子。在pH 4到pH 7之间，NaOCl中的氯主要以HClO（次氯酸）的形式存在，而当超过pH 9时则OCl^-占主导地位。尽管次氯酸的抗菌效果优于次氯酸盐，但是当溶液的pH接近12时，临床上使用的NaOCl溶液中其全部可利用的氯都是来自OCl^-的。不幸的是，由于一些技术问题（例如溶液的稳定性），目前，低pH的高次氯酸含量的NaOCl溶液尚不能形成商品化的产品。

在根管治疗中，使用的NaOCl溶液浓度在0.5%～5.25%之间。有用pH 11～12的非缓冲溶液，其浓度范围也是0.5%～5.25%，也有用将pH缓冲至中性的0.5%的溶液，即所谓的Dakin溶液。两种溶液在组织溶解性和抗菌性方面没有差异。尽管NaOCl的过敏反应罕见，但也有一些病例报告显示出对其具有超敏反应的潜在危险性。

NaOCl溶解牙髓的残剩物（生活的或者坏死的牙髓组织）、牙本质中的有机物和玷污层中的有机成分。NaOCl的组织溶解性明显优于其他常用的冲洗剂（图4）。另外，NaOCl还可中和或灭活脂多糖。但NaOCl不能清除玷污层。

NaOCl具有在较短的接触时间内产生很强的抗菌活性的特点。在体外实验中，浓度为5%和0.5%的NaOCl溶液就可杀死具有耐药性的白念珠菌。一些体外研究和一项临床研究证实了白念珠菌对NaOCl具有易感性。另外，在原发性根管感染中有代表性的几种革兰阴性厌氧菌也对浓度为0.5%～5%的NaOCl溶液显示出高度的易感性。然而，根据实验室研究和一项对既往根充后又出现根尖周炎的患牙进行微生物评估的临床研究结果，粪肠球菌比上述微生物对NaOCl具有更强的抵抗性。尽管NaOCl杀灭粪肠球菌的有效性较低，但它仍是惟一能够破坏或者清除生物膜的制剂。在对不同冲洗剂杀灭粪肠球菌生物膜效果进行比较的研究中，6%和1%的NaOCl溶液都能在接触1min或5min后杀灭超过99.7%的细菌，而2%的氯己定和MTAD则只能分

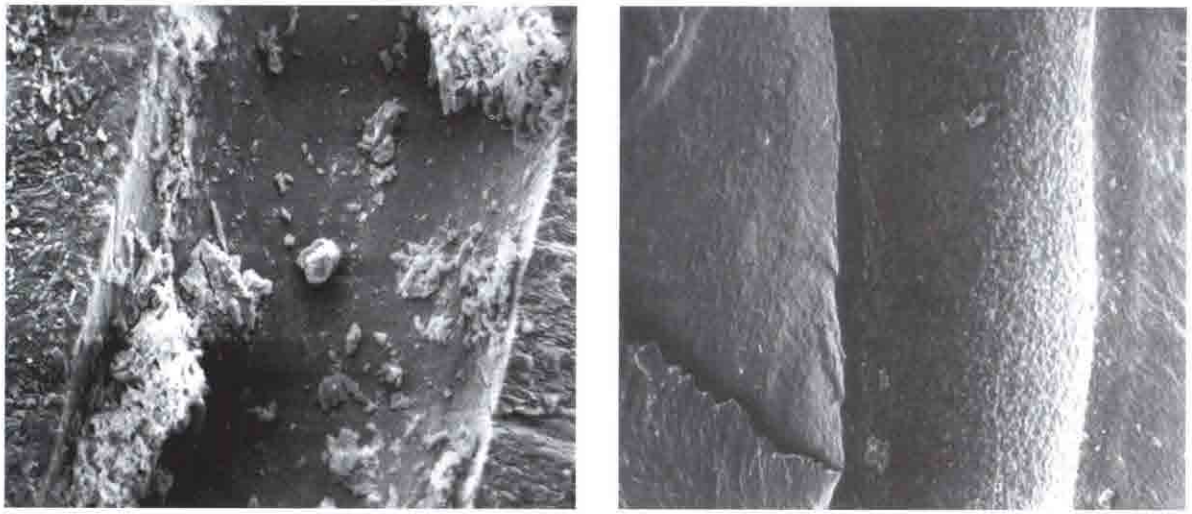

图4 用旋转镍钛器械预备后的根管壁：a.用氯化钠进行冲洗；b.用NaOCl进行冲洗。注意：当应用NaOCl时，根管壁上几乎没有残留的牙髓组织或碎屑（原始放大倍数 40×）

别杀灭60.5%和16%的生物膜细菌。目前的证据显示，NaOCl显然比其他常用的冲洗剂在消灭生物膜细菌活性和清除生物膜方面具有更高的有效性。

NaOCl的组织溶解性、抗菌效能以及毒性均取决于溶液的浓度，溶液的浓度越高，细胞毒性就越大。浓度为5.25%的NaOCl溶液比浓度为0.5%或1%的NaOCl溶液具有更大的细胞毒性。大多数体内研究显示，浓度为0.5%、1%、2.5%和5%的NaOCl溶液对粪肠球菌和混合厌氧菌丛的抗菌力没有显著性差异。对比研究显示，高浓度和低浓度的NaOCl溶液在组织溶解性方面也没有显著性差异。实际上，基于实验室研究的结果，1%的NaOCl溶液就足够溶解牙髓组织了。组织溶解性取决于冲洗液的定期更新，而不是冲洗液的浓度。因此，在治疗过程中NaOCl溶液必须定期补充。总之，临床推荐使用的NaOCl溶液的浓度为0.5%～1%，该浓度在组织溶解性、抗菌性和生物相容性方面能够达到最佳平衡，目前尚缺乏可信的证据支持使用高浓度或者是“充足强度”（5.25%）的NaOCl溶液。

提高NaOCl效用可通过升高低浓度溶液的温度来实现，以代替使用更浓的溶液。一些研究报道，加温后的NaOCl溶液在溶解有机组织方面优于不加热的溶液。1%的NaOCl溶液在45℃时溶解牙髓组织的效率与5.25%的溶液在20℃时相当，而1%的溶液在60℃时的效率明显优于不加热的5.25%的溶液。与不加热的溶液相比，加热后的溶液还显示出更明显的抗菌性能。各浓度的NaOCl溶液（1%、2.62%和5.25%）在20℃和45℃时杀灭粪肠球菌的能力相差100倍。为了取得一个良好的安全边界，通过加热方式提高较低浓度NaOCl溶液的效能更为合理。必须注意，NaOCl溶液经加热后如未使用就必须丢弃，因为此时其效能已经丧失。

超声活化可非常有效地提升NaOCl效能。在本期杂志中可见到另一篇关于超声应用于根管冲洗方面的详尽论述。

关于冲洗所需的最佳工作时间一直是一个值得探讨的问题，然而，资料有限且多数研究并不能代表临床实际情况。在白念珠菌的生物膜模型上应用1%和5%的NaOCl溶液，需要60min才能杀灭全部微生物，而若只有30min，这两个浓度的NaOCl溶液均无法清除生物膜。另一项关于评估不同冲洗液清除根管内生物膜内细菌效果的研究也证实了上述发现。研究报道，2.25%的NaOCl溶液需要60min的接触时间才能完全清除包括粪肠球菌在内的所有微生物。因此，为了有效地清除生物膜，应该保证NaOCl溶液至少有30～60min的接触时间。

冲洗剂的量也是临床所关注的，关于此方面的科学证据却很少。但确定的是，随着冲洗剂量的增加，根管内微生物数量减少，根管的清洁度提高。Yamada等人提出每个根管至少应该用10～20ml的冲洗剂，而在根管成形完成后还要最终进行大剂量的冲洗（表1）。

表1 建议的根管冲洗程序

冲洗程序
根尖预备的大小：至少达到35#
完成髓腔入路后：用NaOCl冲洗根管
更换器械时：每根管用2～5ml NaOCl溶液冲洗
根管成形后：每根管用5～10ml NaOCl溶液冲洗
根管成形后：每根管用5ml的EDTA（或柠檬酸）冲洗1 min
每根管用2ml的NaOCl溶液进行最终的冲洗
选择：最后的冲洗可用氯己定
选择：根充前用乙醇冲洗

一些因素可对NaOCl溶液的化学稳定性和活性产生负面影响。Piskin和Turkun进行了一项有关NaOCl溶液稳定性的研究，结果表明，所有的溶液都随着时间的延长而逐渐降解，高浓度的NaOCl溶液（5%）在24℃的环境中储存时分解的速度要比0.5%的溶液快得多。含有0.5%和5%氯的溶液在4℃储存时可获得令人满意的稳定性达200d之久。因此，建议将NaOCl溶液储藏在冰箱内，并且用深色瓶存放以避免由光照导致的分解。

如果不慎将NaOCl溶液挤入到根尖周组织或者是邻近的解剖结构例如上颌窦中，是具有腐蚀性的。若将NaOCl溶液意外注入根尖周组织中，会在10～20min内发生皮下气肿。由于NaOCl的组织溶解性，会进一步发生水肿和感觉异常。更为严重的会发展为瘀斑，伴有剧烈的疼痛，大量的组织间隙出血和皮下大出血（图5）。幸运的是，绝大部分症状会在2周内恢复。关于NaOCl用于根管冲洗所发生的并发症，已由Hülsmann发表了更详细的综述。

图5 将NaOCl意外推出根尖孔导致的淤斑。这是并发症发生后2周的临床情况

氯己定

2%的葡萄糖酸氯己定（CHX，洗必泰）通常可被用作冲洗剂。它具有广谱抗菌性，能有效对抗革兰阳性菌、革兰阴性菌和酵母菌。它能穿透细胞壁或外膜，攻击细菌的胞浆膜或内膜以及酵母菌的浆膜。

浓度为0.2%～2%的CHX在毒理学方面被认为是安全的。例如，2%的溶液可以作为龈下的冲洗剂而没有任何副作用。在用大鼠做的动物试验中，实验性根尖周炎的牙齿根管被临时充入2%的CHX凝胶，7d后进行组织学评价显示，根尖周组织形成了良好的重建，没有炎症。一项用狗进行的组织学研究中，将2%CHX用于根管冲洗，评价根尖周组织的重建，其结果支持上述结论。更新的研究也证实了2%CHX的生物相容性。将CHX注入到小鼠的腹腔以评价其炎症反应，由于该溶液没有导致明显的炎症反应，因此认为其具有良好的生物相容性。

尽管CHX的过敏反应罕见，但仍有报道其具有造成过敏反应甚至是过敏性休克的潜能。在文献中描述的超敏反应包括接触性皮炎和感光过敏。当CHX作用于黏膜和完整的皮肤时，都会产生过敏反应。因此，牢记CHX的这种潜在危险性是非常重要的。

根据体外研究结果，CHX在很短的接触时间内甚至是相当低的浓度时对粪肠球菌具有明显的杀灭作用。在体外环境中，CHX比NaOCl能更有效地杀灭粪肠球菌，它还是一种非常有效的抗真菌剂，几项研究表明，在体外环境中，CHX能够有效地杀灭白色念珠菌。据报道，在伴有根尖周炎的再治疗病例中，有近75%的根管治疗失败是由这两种微生物（粪肠球菌和白色念珠菌）引起的。既然CHX对革兰阳性菌、粪肠球菌及白色念珠菌都具有高效的抗菌性，那么在再治疗病例中就应该应用这种冲洗剂。

由于其阳离子的特性，CHX能够结合牙本质和牙釉质并且能够随时间逐渐分解。由于CHX具有这种其他冲洗剂所没有的独特表现，其抗菌活性延长。根管冲洗10min后，能够检测出其抗菌效应延长了大约12周。因此，CHX是惟一一种在冲洗全程中持久产生抗菌效果的冲洗液。

CHX和过氧化氢联合使用对杀灭牙本质小管内的粪肠球菌比NaOCl或单独使用CHX更为有效，在进一步的研究中，二者的联合应用被发现具有协同增效的作用，当两种联合在一起的冲洗液杀灭所有

的粪肠球菌时，其浓度远远低于每种成分单独的浓度。尽管CHX和过氧化氢协同增效的机制还没有完全阐明，但是可以推测CHX能使细菌的细胞壁变性，在细胞膜上产生小孔，产生更为通透的细胞壁，从而允许过氧化氢渗入微生物内部破坏细胞内的器官如DNA。当把CHX和过氧化氢用作抗菌斑漱口液时，二者之间也会产生类似的协同作用。然而，目前还没有临床研究证实这些冲洗液在对抗根管内细菌方面具有潜在的相互协同性。而当CHX和过氧化脲联合应用时，二者的细胞毒性也会累加，因此在任何临床建议实施之前，均迫切需要对联合应用的冲洗剂的生物相容性作出评估。

CHX没有任何组织溶解能力，不能清除玷污层，也不能中和脂多糖，而这些特性却都是NaOCl所具有的且显示出的明显优势。也正是因为这些差异，CHX才不能取代NaOCl作为根管冲洗剂的金标准。另外，CHX似乎对革兰阴性菌（原发性牙髓感染的优势菌）缺乏有效性。更多的劣势还包括其对有机材料易感；当存在牙本质、炎性分泌物、血浆蛋白、牙本质基质、热致死粪肠球菌和白色念珠菌时，其抗菌效果明显降低。这些发现能够解释为什么CHX在体内研究中所表现的效果比在体外研究中的结果更为逊色。至今还没有临床对照研究显示CHX比NaOCl抗粪肠球菌能力更强。在随机临床试验中，2.5% NaOCl溶液明显比0.2% CHX更为有效。应该避免NaOCl和CHX直接接触，否则红色的CHX结晶体就会立即沉淀（图6）。

图6 当CHX与NaOCl混合时产生沉淀

总之，2% CHX溶液因其有效的抗菌性可以作为一种可供选择的冲洗剂，但是并不能取代NaOCl。CHX在再治疗病例中作为一种最终的冲洗液（表1）还是十分有用的。

过氧化氢

过氧化氢（H_2O_2）在牙科领域的应用浓度范围为1%～30%。对于根管治疗来说，3%和5%的浓度是可取的。H_2O_2溶液具有化学稳定性，由于氢氧根游离基（−OH）的产生其对细菌、真菌和病毒都具有抵抗性。这些基团攻击诸如蛋白质和DNA这样的细胞结构。

与NaOCl相比，H_2O_2的抗菌性和组织溶解能力都较弱。以往认为用NaOCl和H_2O_2交替冲洗可使根管清理和减少根管内细菌方面获得良好的效果，但是这并没有通过科学的方法得到证实。许多研究显示，NaOCl和H_2O_2的联合应用可以显著降低NaOCl的组织溶解性和抗菌性。实际上，两种溶液的联合应用会因化学反应而导致泡沫效应。由H_2O_2溶液中释放出的氧和NaOCl起反应生成氯化钠，从而导致两种冲洗液都失去作用。

$$H_2O_2 + NaOCl \rightarrow O_2 + H_2O + NaCl$$

尽管H_2O_2和NaOCl没有明显的协同作用，但是含有H_2O_2的化合物仍被允许使用。近期的研究发现，CHX和H_2O_2在低浓度时联合应用抗粪肠球菌的能力明显强于各自独立应用时的作用。换言之，联合使用杀灭粪肠球菌的溶液浓度显著低于各自用于冲洗时的浓度。当然，由于其机制尚未完全阐明，还有待于通过进一步的试验研究加以证实。

总之，没有科学的依据证明H_2O_2优于其他冲洗液。

碘化物

碘能够渗入到微生物中攻击细胞分子，例如蛋白质、核苷酸和脂肪酸，从而导致细胞死亡。碘化物可杀灭细菌、真菌和病毒。由于碘的水溶液不稳定，而碘分子(I_2)显示出最明显的抗菌性，因此，将碘－碘化钾（IPI）（2%的碘溶于4%的碘化钾中）用于根管治疗中。

似乎有些证据显示IPI能够有效对抗粪肠球菌和根管内的生物膜。同时，由于碘化物比其他常用的冲洗液具有更低的细胞毒性，对重要组织具有更弱

的刺激性，因此这种冲洗液具有良好的生物相容性。然而，碘化物作为根管冲洗液在临床应用中还存在两个主要的问题：第一，碘是一种潜在的致敏原，因此就存在产生过敏反应的高度危险性；第二、根管内的一些常见物质会抑制碘的抗菌功效，例如牙本质颗粒、有机的牙本质基质、热致死粪肠球菌和白色念珠菌都对0.2%和0.4%的IPI功效产生抑制作用。一个次要的问题是碘还可使牙本质染色。基于这些原因，IPI不能作为冲洗液的首选。

MTAD

MTAD是四环素（多西霉素，3%），柠檬酸（4.25%）和清洁剂（聚山梨酯80，0.5%）的混合物，其pH为2.15；商品名为Biopure（塔尔萨·登士柏，塔尔萨·俄克拉荷马州，美国）。当基于目前可见到的文献对MTAD的特性进行评估时，应谨记绝大多数关于它的研究都是出自于其发明者，Mahmoud Torabinejad和他的合作者。

据报道，MTAD因其较低的pH而能有效清除玷污层，还能在机械预备过程中随着NaOCl对根管进行清洗，发挥组织溶解作用。有意思的是，只有当机械预备过程中应用NaOCl时，MTAD才会显示出组织溶解能力。因此，临床建议在机械预备过程中使用1.3%的NaOCl溶液，继而用MTAD作为最终的冲洗液。MTAD似乎比3%的H_2O_2、5.25%的NaOCl、CHX漱口液和EDTA的细胞毒性更弱，但是比2.63%和1.31%的NaOCl细胞毒性要强。此外，MTAD似乎还能够改变牙本质的物理特性或降低对牙本质进行粘结的粘结强度。

当引进一种新的冲洗液时，关键的要求是其抗菌性。一些研究发现，MTAD对粪肠球菌具有很好的抗菌性，但是也有其他不支持这种观点的研究。NaOCl溶液（5%）和CHX对粪肠球菌和白色念珠菌的抗菌性都比MTAD强，1%和6%的NaOCl溶液清除粪肠球菌生物膜的效用性也比MTAD强。近期发表的另一篇报道也支持上述这些观点，在该研究中，10颗拔除的慢性根尖周炎患牙的根管内容物被收集起来，在根尖部的切片上进行培养，以获得一个多细菌的生物膜。然后将这些切片分别浸入到6%、3%、1%的NaOCl溶液、2%的CHX、消过毒的磷酸盐缓冲溶液和经1%NaOCl溶液处理过的MTAD中。其中6%和3%的NaOCl能够破坏并且清除生物膜，1%的NaOCl和经1%NaOCl处理后的MTAD显示有能力破坏生物膜，但是不能清除细菌，CHX不具有破坏生物膜的能力。在浸入到6% NaOCl、2%CHX和经1%NaOCl处理后的MTAD中的切片内没有发现活的细菌。作者的结论是6%的NaOCl是惟一同时具有杀灭细菌和清除生物膜能力的冲洗剂。

初步的研究发现NaOCl和MTAD的交替使用可能潜在地导致医源性的四环素牙染色。另一项受关注的是MTAD中四环素的高浓度问题；对四环素的抗药性在从根管中分离出来的细菌中并不罕见。事实上，抗四环素细菌的发生率在未来几年会更高。由于一些抗生素的抗菌谱比通常使用的抗菌冲洗液更窄，所以抗生素的局部应用必须进行非常严格地评估。根据Zehnder的观点，“用抗生素取代诸如NaOCl或CHX这样的杀菌剂并无安全保证”。

酚化合物

在临床情况中这类冲洗剂相当无效。从大量的研究报道中有明显的科学证据表明，含有樟脑酚的溶液有刺激性，对健康组织具有毒性。这类冲洗剂在根管内应用会导致全身的分布。一般认为，酚化合物对于“生物性的根管治疗”来说是属于“生物不相容的制剂”。

因此，酚化合物必须被视为过时的，本文将不再进行讨论。

冲洗液清除玷污层

EDTA

17%乙二胺四乙酸（EDTA）溶液（pH7）能够通过螯合牙本质的无机成分而有效地清除玷污层。EDTA几乎没有抗菌活性，但具有高度的生物相容性，能够使根管内的牙本质脱矿，降低根管壁牙本质的表面硬度。在根管内使用EDTA时应该十分谨慎，因为延长EDTA的接触时间会削弱根部的牙本质强度，进而增加根管机械预备过程中产生穿孔的危险性。

根据初步的研究结果，交替使用NaOCl和EDTA进行根管冲洗非常令人满意。这种联合应用似乎增强了NaOCl的组织溶解能力，而在降低根内细菌数量方面比NaOCl单独应用更为有效。EDTA在与NaOCl混合时保留了对钙的螯合能力，但是EDTA也使NaOCl失去了组织溶解能力。因此EDTA和

NaOCl应该分别使用，而绝不应该混合使用。而且，螯合剂如EDTA能够破坏粘附于根管壁上的生物膜。用EDTA进行根管冲洗后，应该最后应用2ml的NaOCl来中和EDTA的酸性效应，并使NaOCl能够渗入到应用EDTA后已经开放的牙本质小管中。

柠檬酸

在根管治疗中，使用浓度范围在1%～40%之间的柠檬酸来去除根管预备后的玷污层（图7）。与EDTA相比，10%的柠檬酸在清除玷污层和溶解牙本质碎屑方面似乎更为有效。而且，柠檬酸溶液具有抗菌性，尽管还不确定这是否具有临床意义。相反，其他研究并没有显示出EDTA和柠檬酸在清除玷污层方面有明显的差异。柠檬酸会使开放的小管周围的管内牙本质脱矿，从而使牙本质小管被扩大。

总之，EDTA和柠檬酸都能有效地清除玷污层，而玷污层的清除对于促进根管系统的消毒是至关重要的一步。首先，包埋在玷污层内的细菌被清除，根管的清洁度提高了。其次，玷污层的清除可以提高根管内药物在牙本质深层的抗菌效用。因此，EDTA或柠檬酸应该列在冲洗程序之中（表1）。

干燥根管的冲洗剂

曾有人在根管充填之前用乙醇进行根管荡洗，其基本的推理是乙醇能够降低冲洗剂和根管封闭剂的表面张力。液体或者是封闭剂较低的表面张力能够增强液体流入牙本质小管的能力。这样乙醇就会渗入到牙本质小管内通过挥发来干燥根管。因此，乙醇会影响封闭剂的渗透性和根管充填的渗漏性。一篇近期发表的报道显示，在根管充填前，最后用95%的乙醇进行荡洗可提高封闭剂的渗透性，从而减少渗漏。其他研究也证实，用乙醇进行最终的荡洗比用纸尖干燥能够获得更好的封闭覆盖度。

因此，为了提高根管充填的封闭能力，建议每个根管使用大约3ml 95%的乙醇进行最终的荡洗（表1）。

冲洗的临床应用技术

在根管冲洗技术方面中最重要的是冲洗针头的直径和根尖预备大小之间的关系。在根管内部，冲洗的效用局限在针头前方3～4mm的区域。一项体外试验显示，使用短于工作长度1mm的冲洗针头比使用短于工作长度6mm的冲洗针头根管内存留的细菌

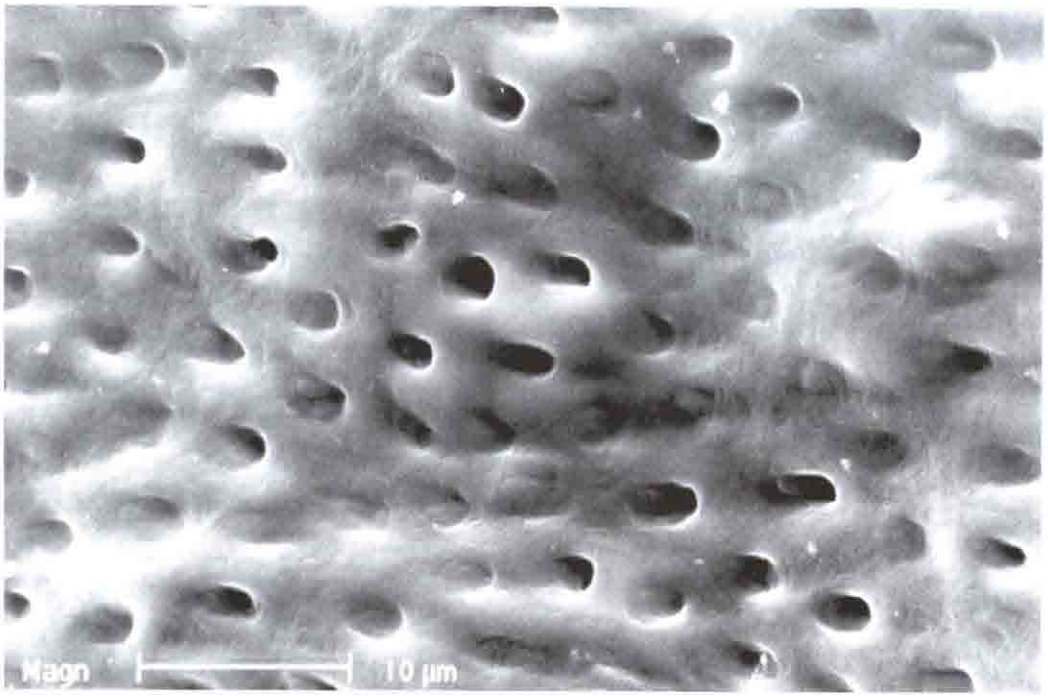

图7 根管壁上开放的牙本质小管，玷污层已被柠檬酸清除

量明显减少。其目的是推荐针头应该尽可能地接近工作长度，从而提高冲洗的效果。由于推荐用于根管冲洗的最小号针头是30号针头（图8）（直径0.3mm，相当于ISO的30号），所以根尖预备应该达到35～40号。甚至在极度弯曲的根管，通过现代旋转镍钛器械也能达到35～40号的根尖预备，而没有根管偏移或者根管拉直的危险。推荐使用带有安全尖的可弯曲根管冲洗针头，以使针头能够根据根管的弯曲进行预弯，从而使弯曲根管的根尖部分得到充分的清洗（图9）。

当试图将针头的尖端尽可能深地插入达到工作长度时，针头很可能堵塞在根管内，此时施加的压力很容易导致将NaOCl或H_2O_2从根管挤出到根尖周组织中，因此当感觉到针头有阻力时，应该回退约2mm，以保证在根管壁和针头之间有足够的空间使冲洗液返流出根管（图10），这将使注入的冲洗液超出根尖孔进入根尖周组织的危险性降到最低。

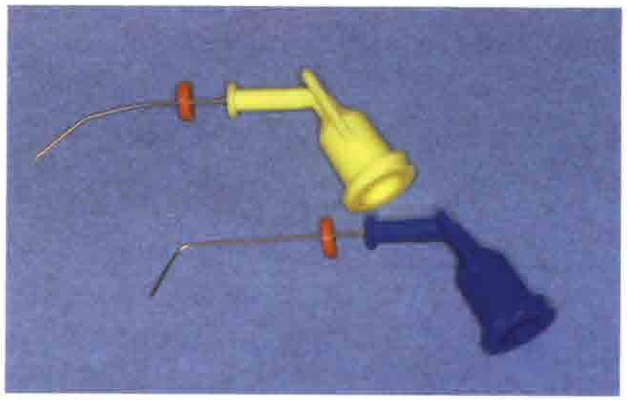

图8 用旋转镍钛锉FlexMaster（VDW，慕尼黑，德国）预备弯曲根管，需将根尖部根管预备至02锥度35号，在这样弯曲的根管内，经过预弯的30号针头也能插入到比工作长度短1～2mm的根尖部

图9 带安全尖可弯曲的30号冲洗针头（NaviTips，Ultradent，慕尼黑，德国）

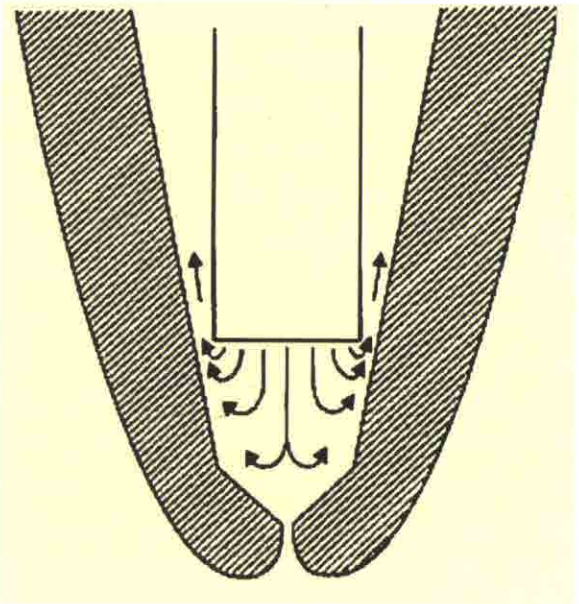

图10 当插入冲洗针头时，必须保证在根管壁和针头之间有足够的空间以使冲洗剂返流出根管

基于本篇评论，建议遵循以下冲洗程序（表1）：

・根尖部的预备至少应该达到35号，应使用30号冲洗针头。

・髓腔入路完成后：用NaOCl冲洗髓腔和根管。必须保证根管内总是充满NaOCl，因为这样可以增加冲洗剂的有效作用时间。同时，由于润滑作用，根管器械的切割效率也会增强。

・更换器械时：每根管用2～5ml NaOCl溶液冲洗。NaOCl的使用应该贯穿整个根管机械预备过程。

・根管成形后：每根管用5～10ml NaOCl溶液冲洗。当成形完成时，用大量的NaOCl进行冲洗。

・根管成形后：每根管用5ml的EDTA（或柠檬酸）冲洗1min。用NaOCl冲洗之后，根管应该用EDTA或柠檬酸进行冲洗以清除玷污层。

・最终的冲洗：每根管用2ml的NaOCl溶液冲洗，用以中和EDTA的酸性效应并使NaOCl能够渗入到开放的牙本质小管中。

・可用以选择的最终的冲洗剂，尤其是再治疗的病例：CHX。先用水冲洗以除去NaOCl，然后再使用2%的CHX溶液进行冲洗。

・在根管充填之前可选择应用：每根管以3ml乙醇进行荡洗使根管干燥。