



# 完好牙本质与龋损牙本质的粘结： 系统综述与荟萃分析

Bonding to Sound and Caries-Affected Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis

Cristina P. Isolan, Rafael Sarkis-Onofre, Giana S. Lima, Rafael R. Moraes

原载 The Journal of Adhesive Dentistry. 2018; vol20:7-18. (英文)

程梦琳 译 张珊珊 郑树国 审

## 摘要

**目的：**本研究系统地回顾文献以对比牙科粘结剂对于完好牙本质 (Sound dentin, SoD) 和龋损牙本质 (Caries-affected dentin, CAD) 的粘结能力。**材料与方法：**检索三个国际数据库 (Medline/PubMed, Scopus, Web of Science), 纳入同时评估 SoD 和 CAD 的粘结强度的研究。进行随机效应荟萃分析以计算粘结基底之间的汇集平均差异, 分别用于全酸蚀和自酸蚀粘结剂。考虑到用于去除感染的龋坏牙本质的方法, 进行亚组分析以探索异质性。对于 CAD 进行全酸蚀和自酸蚀粘结之间的比较。使用  $I^2$  测试分析统计异质性。评估所有纳入研究的偏倚风险。**结果：**总共发现了 2260 篇文章, 其中 65 篇被选作全文阅读, 纳入 40 篇研究。荟萃分析结果显示 SoD 的粘结强度优于 CAD, 不论是全酸蚀 (效应量:  $-10.04$ ; 95% CI:  $-11.94, -8.14$ ;  $I^2=95\%$ ) 还是自酸蚀 (效应量:  $-6.76$ ; 95% CI:  $-8.23, -5.30$ ;  $I^2=89\%$ )。在亚组分析中, 无论去腐的方法是挖除 (手动或钻)、磨除、多种方法结合或没有提及去腐方法, 结果都支持 SoD 粘结强度更好 (效应大小  $\leq -4.86$ ;  $I^2 \geq 28\%$ )。对于 CAD 的荟萃分析显示全酸蚀粘结优于自酸蚀粘结 (效应量:  $3.13$ ; 95% CI:  $1.82, 4.44$ ;  $I^2=72\%$ )。大多数纳入研究被认为具有不明确的偏倚风险。**结论：**SoD 的粘结强度优于 CAD。对于 CAD 的粘结强度, 全酸蚀优于自酸蚀。

译者单位 北京大学口腔医学院·口腔医院 预防保健科

北京市海淀区中关村南大街 22 号 100081

## 1 引言

树脂基材料的基质的结构和形态特征对其在牙科充填中的粘结起重要作用。当对牙体组织的粘结系统的机制已知且程序合理时充填治疗才具有长期的临床成功。现存的牙科粘结方法寻求简化的粘结方法,解决牙本质粘结的困难,而这一部分正是牙科粘结中最弱的一环。

牙科粘结的体外试验经常使用完好的牙本质(SoD)作为粘结基底。然而,众所周知,在临床实践中,龋损的牙本质(CAD)更常出现。因龋病发展导致的变化,如细菌和宿主介导的酶导致的矿物质的损失,管间牙本质的孔隙增加,磷灰石晶体的溶解和无保护胶原蛋白的降解可能对CAD的粘结起到负面影响。这些形态学的改变可能导致牙本质粘结力变弱,充填体机械性能减低。考虑到体外试验中的粘结对象相对临床实际的粘结对象粘结难度更低,可以认为在实际的临床上的牙科粘结被高估了。

几乎没有来自临床研究的证据可用于对比不同的粘结基底的粘结表现从而做出临床决策。临床医师必须依赖于他们自己的临床判断或体外试验的数据以选择最好的粘结CAD的方法。汇集体外试验数据可以帮助得出更多可靠的结论以有效地给予CAD粘结策略。一份近来的CAD粘结的系统综述显示40%–85%的研究称基于粘结试验SoD的粘结强度更高。然而,作者并没有对比两种不同的粘结基底的粘结强度数据作荟萃分析。经由这篇系统综述,本研究设计评估不同粘结方法(全酸蚀和自酸蚀)应用于SoD和CAD的粘结强度并假设CAD的粘结强度低于SoD。

## 2 材料与方法

这篇系统综述根据考柯蓝关于系统综述干预手册进行分析并遵循系统综述和荟萃分析声明的首选报告形式的四阶段流程(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA)。此份报告基于PRISMA标准。

### 2.1 文献选择与检索策略

选择对比SoD与CAD粘结强度的体外试验,其中若研究至少报告一项粘结基底(SoD与CAD)的对比则符合纳入标准,不考虑龋的检查方法、去腐方法以及粘结强度试验和试验前切片的储

存时间。仅评价SoD或CAD粘结强度而没有对比的文献排除。

通过Medline/PubMed, Scopus和Web of Science数据库进行文献检索,检索时间截至2015年3月,无语言或日期限制。所有纳入研究的参考文献也被检索。三个数据库的检索词为:dentin\*AND (bond\* OR adhes\*) AND (caries\* OR carious OR decay\*)。文献检索结果使用EndNote X7软件(Thomson Reuters; New York, NY, USA)进行整理。两个独立的综述者(CPI和RSO)首先浏览所有筛选文献标题。如果标题指示可能存在的相关结论,继续评估摘要。仔细评估摘要后,符合综述要求(或存疑)的稿件将选入全文阅读。若有差异则与第三位综述者讨论解决。

### 2.2 数据收集

基于文献特点和分组试验,制定了一套用于提取数据的提纲,其中包括样本量、龋损牙本质类型(如天然或人工诱导)、龋检查方法(如视查,硬度或染色检查)、去腐方法(如挖除或磨除)、粘结基底使用(如人类磨牙或牛中切牙)、粘结强度试验、粘结系统类型和品牌。同时评估牙本质粘结强度的均值及标准差。若有缺失或未发表的数据时,联系研究作者,这些研究只在原作者提供缺失信息时纳入。

### 2.3 评估偏倚风险

基于之前的研究和考柯蓝合作工具评估偏倚风险。考虑下列参数:牙齿随机性、使用材料的厂家、计算的样本量、操作者及试验机器是否应用盲法以及龋齿检查方法。根据是否在研究中报告以上每一个项目评估高低或不明偏倚风险。纳入的参数由研究者讨论得出,并由一名单独的研究者(RSO)做出评价。应用Review Manager 5.3软件(The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014; Copenhagen, Denmark)。

### 2.4 数据分析

将研究特点进行描述性总结。当有充足的数据时,对SoD和CAD进行随机效应荟萃分析以计算其总平均差异。单独对自酸蚀和全酸蚀粘结进行分析。作为一个事后决定,我们进行一个亚组分析以探索在CAD组中不同去腐方法(挖除、磨除、超

过一种方法或不知道)之间的异质性。同时额外对CAD组全酸蚀和自酸蚀粘结进行对比分析。为了避免结果被高估,在这个额外的分析中的粘结强度数据严格地只纳入在相同条件(如相同的去腐方法)和允许成对比较的情况下对比全酸蚀和自酸蚀研究中的数据。数据异质性使用 $I^2$ 检验(>75%认为是高异质性)分析。使用Review Manager 5.3软件进行分析。

### 3 结果

我们浏览2260篇标题,1221篇摘要及65篇全文后,最终纳入40篇研究。详细的文章纳入与排除原因见图1。总体而言,排除了26篇研究以及在阅读纳入研究的参考文献后纳入1篇研究。纳入文献的特点总结于表1。粘结试验和评估的粘结强度数据详见附件。

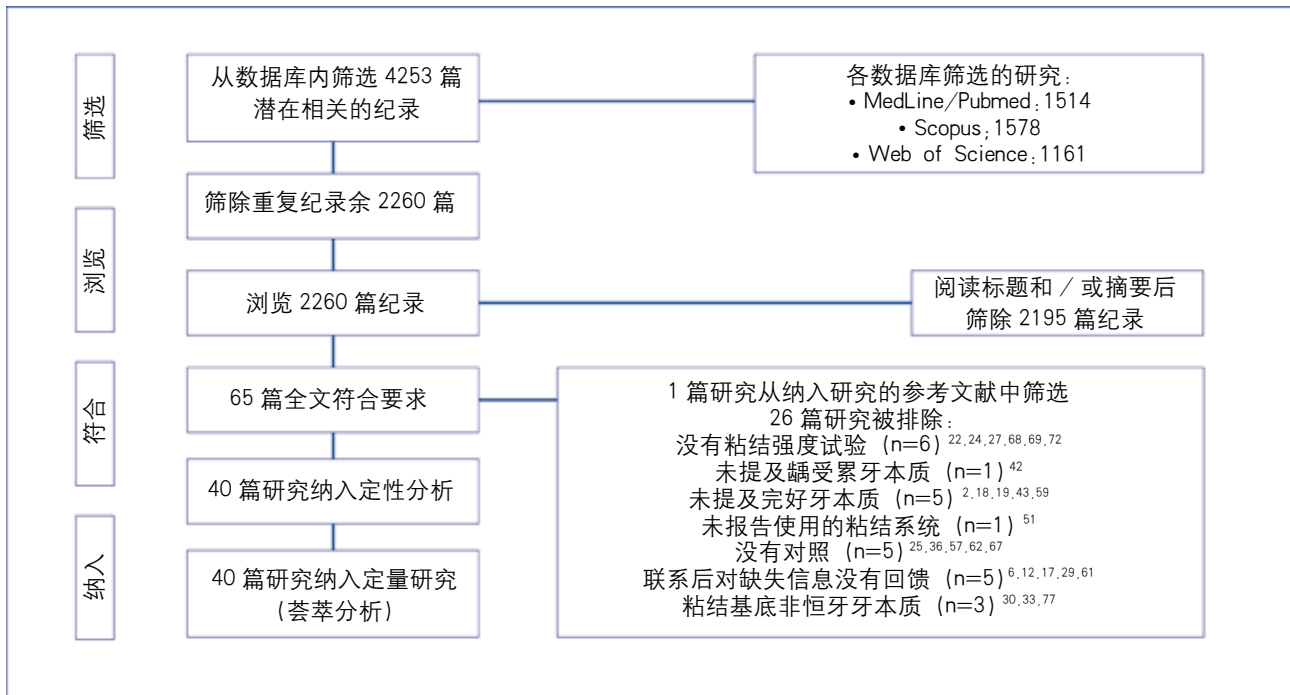


图1 系统综述的流程图

表1 纳入研究的特点

作者(年)	标本量*	粘结牙本质类型	龋检查方法	去腐方法	粘结强度试验	失败模式	结论
Arrais 等 (2004)	9 颗牙	人类第三磨牙天然冠部龋	视诊和探诊	挖除和磨除 (400-600-砂的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD 比 CAD 有更高的粘结强度。额外的酸蚀时间提高 CAD 的粘结强度。
Burrow 等 (2003)	4-11 个标本	人类磨牙天然龋损	生化方法	挖除	$\mu$ TBS	CAD 一般粘结失败多于 SoD	SoD 和 CAD 有相似的粘结强度
Ceballos 等 (2003)	4 颗牙	人类磨牙天然龋损	染色和视诊	磨除	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	取决于材料试验, SoD 比 CAD 有更高的粘结强度。
Doi 等 (2004)	5 颗牙	人类磨牙天然冠部龋损	染色	磨除 (金刚钻和 600-砂的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	只在 CAD 观察到粘结失败	SoD 比 CAD 有更高的粘结强度。

续表

作者(年)	标本量*	粘结牙本质类型	龋检查方法	去腐方法	粘结强度试验	失败模式	结论
Ekambaram 等 (2014)	16个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色	挖除(手用)	$\mu$ TBS	只在CAD观察到粘结失败	SoD一般比CAD有更高的粘结强度使用
Ergucu 等 (2009)	4颗牙(5个标本/牙)	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊探诊	激光(Er,Cr:YSGG)和挖除(钻)	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	SoD比CAD有更高的粘结强度。
Erhardt 等 (2008)	17-19个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除(180-600砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	SoD比CAD有更高的粘结强度。在CAD的粘结界面可见更多胶原暴露区域和减少的杂化质量,这些界面相对SoD更易于水解。
Erhardt 等 (2008)	5颗牙	人类磨牙天然冠部龋损	染色	挖除和磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	酸蚀后SoD比CAD有更高的粘结强度。
Erhardt 等 (2008)	6颗牙(4个标本/牙)	牛切牙人工龋	微硬度试验	没有报告	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	SoD比CAD有更高的粘结强度。
Huang 等 (2011)	15个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色	挖除和磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD比CAD有更高的粘结强度。
Kimochi 等 (1999)	6-8颗牙	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	CAD粘结失败多于SoD	SoD比CAD有更高的粘结强度。
Koyuturk 等 (2006)	14颗牙	人类磨牙天然冠部龋损	染色视诊和探诊	磨除(320-砂的SiC纸)	SBS	两种基底没有主要差异	三种粘结剂对于SoD有更高的粘结强度,两种其他的粘结剂对于CAD有更高的粘结强度。
Kunawarote 等 (2011)	10颗牙(4-5个标本/牙)	人类磨牙天然冠部龋损	染色,影像检查和视诊	挖除和磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	SoD粘结失败多于CAD	SoD比CAD有更高的粘结强度。
Macedo 等 (2009)	6颗牙(8个标本/牙)	人类磨牙天然冠部龋损	染色,视诊和表面硬度	磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	SoD比CAD有更高的粘结强度。
Mobarak 等 (2011)	20颗牙	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除和磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ SBS	两种基底没有主要差异	SoD和CAD有相似的粘结强度。使用氯已定保持了CAD的粘结强度。
Mobarakt 和 Badrawy 等 (2012)	20颗牙(2个标本/牙)	人类磨牙天然冠部龋损	视诊和探诊和微硬度试验	磨除	$\mu$ SBS	两种基底没有主要差异	SoD和CAD的粘结强度差异取决于粘结系统。
Nakajima 等 (1995)	10个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色,视诊和探诊	磨除(320-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	SoD一般较CAD有更高的粘结强度。
Nakajima 等 (1999)	9-14个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	磨除(320-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD和CAD有相似的粘结强度。

续表

作者(年)	标本量*	粘结牙本质类型	龋检查方法	去腐方法	粘结强度试验	失败模式	结论
Nakajima 等 (2000)	12-19 个 标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视 诊	磨除 (180- 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	CAD 较 SoD 有更多混合失 败	SoD 一般较 CAD 有更高的 粘结强度。
Nakajima 等 (2000)	6 颗牙 (4-5 个标本/牙)	人类第三磨牙 天然冠部龋损	染色和视 诊	磨除 (600- 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	两种基底没有 主要差异	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度。
Nakajima 等 (2005)	26 个标本	人类磨牙天然 冠部龋损	染色和视 诊	磨除 (600- 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	CAD 较 SoD 有更多粘结失 败	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度。CAD-树脂界面的脱 矿区 (8 $\mu$ m) 比 SoD (3 $\mu$ m) 厚。
Neves 等 (2011)	5 颗牙 (3-5 个标本/组)	人类磨牙天然 冠部龋损	数字影像 检查	磨除, 激 光 (Er:YAG), 生化方法, 挖 除 (慢机)	$\mu$ TBS	CAD 较 SoD 有更多粘结失 败	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度。
Omar 等 (2007)	5 颗牙	人类磨牙天然 冠部龋损	视诊和显 微检查	挖除 (慢机) 和磨除 (金则 钻)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度, 但不是对所有粘 结试验如此
Perdigao 等 (1994)	10 颗牙	人类磨牙酸诱 导人工龋	视诊	没有报告	SBS	两种基底没有 主要差异	SoD 比过矿化和脱矿的牙本 质有更高的粘结强度
Pereira 等 (2006)	5 颗牙 (5-8 个标本/牙)	人类磨牙天然 冠部龋损	染色	磨除 (600- 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD 一般比 CAD 有更高的 粘结强度
Ssy 等 (2005)	3 颗 牙 (80 个标本/SoD 和 40 个标本 /CAD)	人类第三磨牙 天然冠部龋损	染色和视 诊	磨除 (600- 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	CAD 一 般 粘 结 失 败 多 于 SoD	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度。CAD 的自酸蚀和全 酸蚀之间没有统计学差异。
Scholtanus 等 (2010)	10-12 个 标本	人类磨牙天然 冠部龋损	染色, 视 诊和探诊	挖除	$\mu$ TBS	两种基底没有 主要差异	SoD 一般比 CAD 有更高的 粘结强度
Sengun 等 (2002)	12 颗牙	人类磨牙天然 冠部龋损	染色和视 诊	挖除和磨除 (金 刚钻)	SBS	两种基底没有 主要差异	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度, 但不是对所有粘 结试验如此
Sengun 等 (2005)	15 颗牙	人类磨牙天然 冠部龋损	染色和视 诊	挖除 和 磨 除 (320- 砂 的 SiC 纸)	SBS	两种基底没有 主要差异	SoD 和 CAD 粘结强度的差 别取决于粘结前感光剂的 使用
Singh 等 (2011)	10 颗牙	人类下颌磨牙 天然冠部龋损	染色和视 诊	磨除 (220-, 600 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD 比 CAD 有更高的粘 结强度
Taniguchi 等 (2009)	12 个标本 / 组	人类磨牙天然 冠部龋损	染色和视 诊	磨除 (600- 砂 的 SiC 纸)	$\mu$ TBS	两种基底没有 主要差异	SoD 一般比 CAD 有更高的 粘结强度
Xie 等 (1996)	11 颗牙	人类第三磨牙 酸诱导人工龋	视诊	没有报告	$\mu$ TBS	CAD 较 SoD 有更多粘结失 败	SoD 和 CAD 有相似的粘 结强度

续表

作者(年)	标本量*	粘结牙本质类型	龋检查方法	去腐方法	粘结强度试验	失败模式	结论
Xuan 等 (2010)	10个束状标本/组	人类第三磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除和磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD一般比CAD有更高的粘结强度
Yazici 等 (2004)	3颗牙(10-12个标本/牙)	人类下颌磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除(慢速手机)和磨除(600-砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	没有报告	没有额外酸蚀时SoD比CAD有更高的粘结强度。额外的酸蚀不会提高CAD的粘结强度。
Yoshiyama 等 (2000)	10-12个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除(慢速手机)和磨除	$\mu$ TBS	没有报告	SoD一般比CAD有更高的粘结强度
Yoshiyama 等 (2000)	7-9个标本	人类磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除(手用)和磨除(600砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD比CAD有更高的粘结强度。CAD的自酸蚀和全酸蚀之间没有统计学差异。
Yoshiyama 等 (2000)	15个标本	人类第三磨牙天然冠部龋损	染色和视诊	挖除(手用)和磨除(600砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	没有报告	SoD比CAD有更高的粘结强度
Yoshiyama 等 (2000)	7颗牙	人类第三磨牙天然冠部龋损	没有报告	磨除	$\mu$ TBS	没有报告	SoD比CAD有更高的粘结强度
Zanchi 等 (2010)	30个标本	人类磨牙天然冠部龋损	视诊和探诊	挖除(手用)和磨除(600砂的SiC纸)	$\mu$ TBS	CAD一般较SoD有更多粘结失败	SoD一般比CAD有更高的粘结强度。额外的酸蚀会提高CAD的粘结强度和降低SoD的粘结强度。
Zanchi 等 (2010)	15个标本	人类磨牙pH循环诱导人工龋	形态学评估	磨除	$\mu$ TBS	两种基底没有主要差异	SoD一般比CAD有更高的粘结强度

\*每组的牙数或标本数; 标本参照树脂-牙本质束微拉伸粘结强度( $\mu$ TBS)或用于剪切的圆形复合标本或微剪切粘结强度试验( $\mu$ SBS)。

在纳入荟萃分析的40篇研究中,39篇使用人类磨牙(通常是第三磨牙),36篇试验的是天然龋损,只有4篇是试验的是人工诱导的龋损。就龋的检查方法,60%的研究是结合染色及视诊。大多数研究(87.5%)使用磨除作为去腐方法,有时结合磨除和其他方法,只使用挖除(手用器械或使用慢速手机)或结合其他方法的去腐方法占47.5%。多数研究进行微拉力粘结强度试验并将标本存放在37度水24小时。关于SoD和CAD之间粘结失败模式的比较,虽然大多数研究(57.1%)称两者没有明显差异,但25%的研究观察到CAD的牙本质粘结失败比SoD组多的现象。

荟萃分析使用40项研究进行,包括或不包括使用人工诱导CAD的4篇文章。由于两种分析结

果一致,下面说明包括全部40篇研究的分析结果。图2和图3显示的是SoD和CAD荟萃分析和亚组分析的结果。在试验全酸蚀粘结的研究中,荟萃分析倾向于SoD更有优势,效应量-10.04,95%置信区间(CI)为(-11.94,-8.14), $I^2=95%$ (图2)。在亚组分析中,当使用挖除方法去腐时,SoD更有优势,效应量-9.34,95%CI: (-12.00,-6.67), $I^2=94%$ 。当使用磨除方法时,分析结果仍是支持SoD,效应量-10.67,95%CI: (-14.34,-6.99), $I^2=97%$ 。对于使用多于一种去腐方法的研究,分析结果支持SoD更有优势,效应量-4,95%CI: (-9.73,0.99), $I^2=84%$ 。当分析的研究没有提及去腐方法时,结果仍然支持SoD,效应量-13.77,95%CI: (-16.25,-11.29), $I^2=70%$ 。

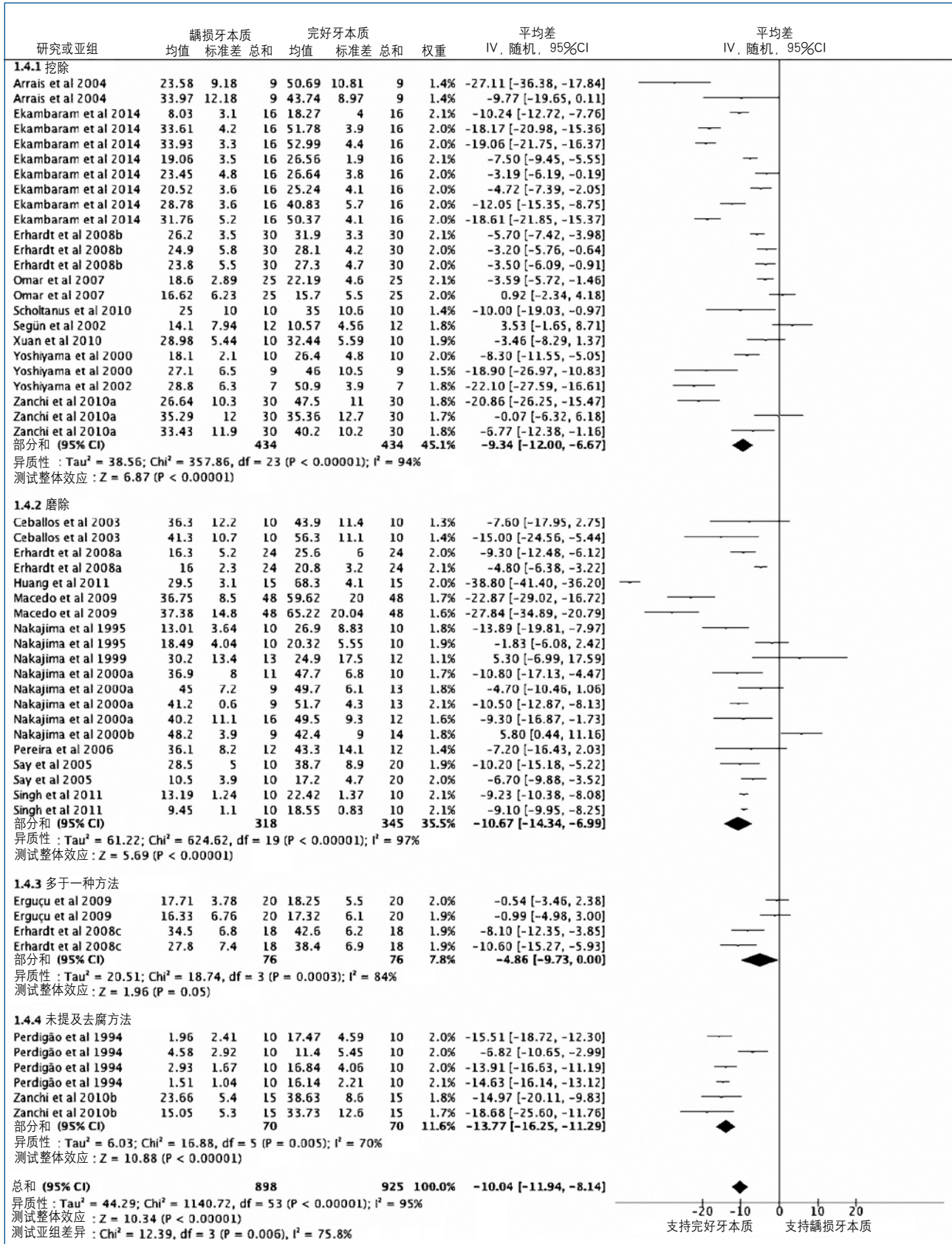


图2 荟萃分析结果根据用于去除受感染龋牙本质的方法汇总比较全酸蚀粘剂与完好牙本质或龋损牙本质的粘结强度(亚组分析)。所有的分析都显示完好牙本质有更好的结果

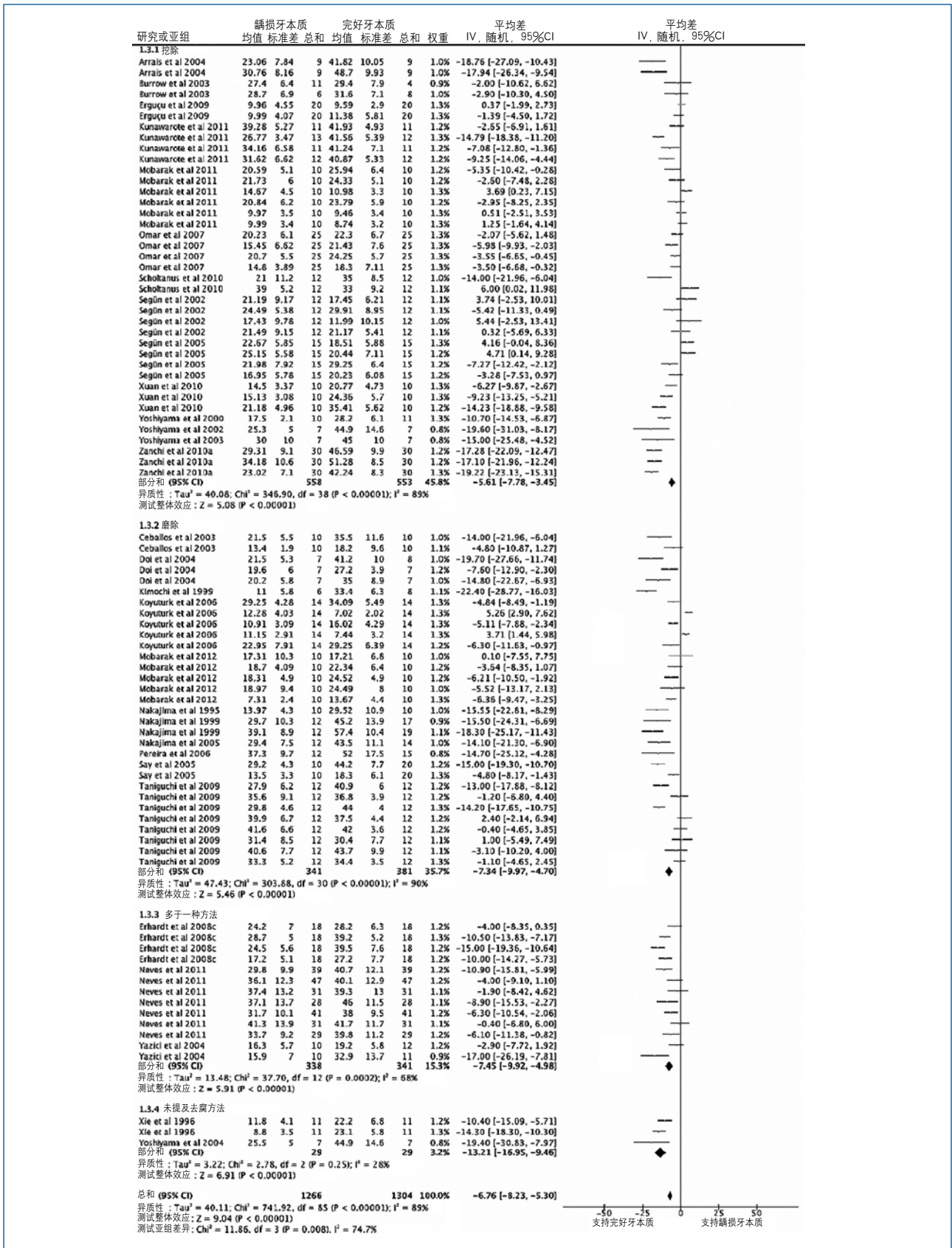


图3 荟萃分析结果根据用于去除受感染的龋坏牙质的方法汇总比较了自酸蚀粘结剂与完好或龋损牙本质的粘结强度(亚组分析)。所有的分析都显示完好牙本质有更好的结果



研究自酸蚀粘结效果时(图3), 荟萃分析结果支持 SoD 更有优势, 效应量  $-6.76$ , 95%CI:  $(-8.23, -5.30)$ ,  $I^2=89%$ 。对使用挖除作为去腐方法的研究分析, 结果支持 SoD 更有优势, 效应量  $-5.61$ , 95%CI:  $(-7.78, -23.45)$ ,  $I^2=89%$ 。对使用磨除作为去腐方法的研究分析, 结果支持 SoD 更有优势, 效应量  $-7.34$ , 95%CI:  $(-9.97, -4.70)$ ,  $I^2=90%$ 。使用多于一种去腐方法时, 结果仍然支持 SoD(效应量  $-7.45$ , 95%CI:  $(-9.92, -4.98)$ ,  $I^2=68%$ )。没有报告去腐方法的研究中支持 SoD 更有优势(效应量  $-5.61$ , 95%CI:  $(-16.95, -9.46)$ ,  $I^2=28%$ )。

图4显示对比CAD的两种粘结方法的荟萃分析结果。结果认为全酸蚀相对自酸蚀有更好的粘结效果, 效应量  $-3.13$ , 95%CI:  $(1.82, 4.44)$ ,  $I^2=72%$ 。图5和图6显示所有荟萃分析的偏倚风险评估结果。只有两项研究没有报告使用的龋检查方法且纳入的研究中都说明了样本计算方法及试验仪器操作者的盲法。超过50%的研究中评估了标本的

随机性。几乎100%的研究说明了他们遵循厂家说明使用粘结材料。

### 4 讨论

本综述是旨在总结 SoD 和 CAD 的体外粘结试验数据。荟萃分析提示 SoD 的粘结强度总是显著高于 CAD, 不论试验的材料和技术, 证实了研究假设。结果证实了近期在这一问题上的综述观察。在我们的系统综述和荟萃分析中, 纳入40篇研究, 其中29篇同样纳入到之前的综述中。现有的研究覆盖了 Ekambaram 等人79%的论文, 他们的论文在本研究中占57%。这些发现突出表明, 系统综述很难成为关于某个研究问题的最终确定性结论, 特别是当问题文献丰富且研究之间结论差异大时, 通常有新的结论。各研究中纳入和排除标准的改变通常导致纳入文献的不同, 有时甚至会得出不同的结论。举例来说, 考虑天然的和人工诱导的龋受累牙本质(CAD), 我们分析时即有包括也有不包括的符合纳入标准的人工诱导形成龋损的4篇文献, 两

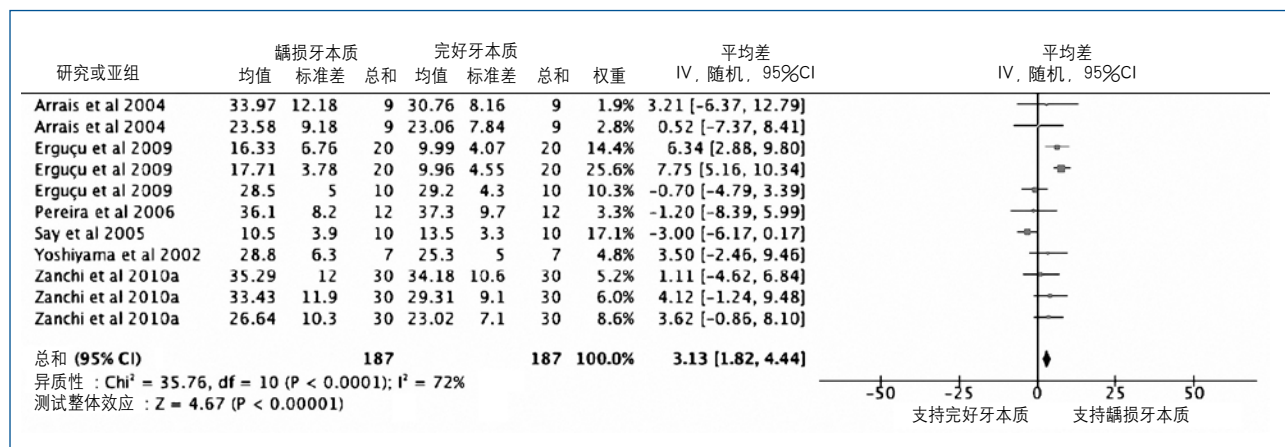


图4 荟萃分析比较了应用于损牙本质的全酸蚀与自酸蚀粘结剂的粘结强度

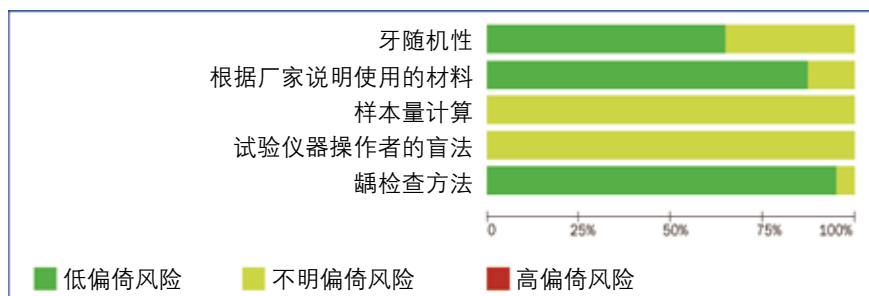


图5 根据作者的判断, 每项研究的偏倚风险分为偏倚低、不清楚或高风险的研究比例

	牙齿的随机性	依据厂家说明使用材料	样本量计算	操作仪器设备的盲法	龋损的检查方法
Arrais 等 2004	●	●	●	●	●
Burrow 等 2003	●	●	●	●	●
Ceballos 等 2003	●	●	●	●	●
Doi 等 2004	●	●	●	●	●
Ekambaram 等 2014	●	●	●	●	●
Ergüçü 等 2009	●	●	●	●	●
Erhardt 等 2008a	●	●	●	●	●
Erhardt 等 2008b	●	●	●	●	●
Erhardt 等 2008c	●	●	●	●	●
Huang 等 2011	●	●	●	●	●
Kimochi 等 1999	●	●	●	●	●
Koyuturk 等 2006	●	●	●	●	●
Kunawarote 等 2011	●	●	●	●	●
Macedo 等 2009	●	●	●	●	●
Mobarak 等 2011	●	●	●	●	●
Mobarak 等 2012	●	●	●	●	●
Nakajima 等 1995	●	●	●	●	●
Nakajima 等 1999	●	●	●	●	●
Nakajima 等 2000a	●	●	●	●	●
Nakajima 等 2000b	●	●	●	●	●
Nakajima 等 2005	●	●	●	●	●
Neves 等 2011	●	●	●	●	●
Omar 等 2007	●	●	●	●	●
Perdigão 等 1994	●	●	●	●	●
Pereira 等 2006	●	●	●	●	●
Say 等 2005	●	●	●	●	●
Scholtanus 等 2010	●	●	●	●	●
Sengün 等 2002	●	●	●	●	●
Sengün 等 2005	●	●	●	●	●
Singh 等 2011	●	●	●	●	●
Taniguchi 等 2009	●	●	●	●	●
Xie 等 1996	●	●	●	●	●
Xuan 等 2010	●	●	●	●	●
Yazici 等 2004	●	●	●	●	●
Yoshiyama 等 2000	●	●	●	●	●
Yoshiyama 等 2002	●	●	●	●	●
Yoshiyama 等 2003	●	●	●	●	●
Yoshiyama 等 2004	●	●	●	●	●
Zanchi 等 2010a	●	●	●	●	●
Zanchi 等 2010b	●	●	●	●	●

图6 偏倚风险总结：作者对每项纳入研究的每个项目进行判断

者分析的结果一致。因此，本研究报告的数据考虑包括两种牙本质龋的类型。

本综述荟萃分析对比 SoD 和 CAD 粘结强度，并额外关注粘结前去腐方法的影响（亚组分析）。举个例子，不同的去腐方法会导致不同程度的牙体组织去除的深度和不同的牙本质暴露。诸如磨除或慢速手机挖除的方法可能在去除龋损牙本质上不太保守，在其下暴露的牙本质组织更硬。相反，方法诸如激光或生化去除龋损牙本质的方法可能导致表面形态的改变。去腐后不同的表面处理可能会在表面产生不同的玷污层，从而影响粘结效果。这一点对使用人工诱导龋且没有之后的表面处理或没有报告去腐后表面处理的研究中由其相关。自酸蚀粘结比全酸蚀粘结对玷污层的特性更敏感，因为酸蚀步骤可能去除玷污层。除此之外，Neves 等观察到不同的去腐方法可能不仅影响牙本质粘结的效果，也影响未保护胶原在粘结界面存留的程度。在此研究中，不论去腐的方法，SoD 在自酸蚀粘结和全酸蚀粘结总是表现出更好的结果，差别仅是样本量不同。这可能是因为在无论使用何种去腐方法，对于粘结强度测量来说，只需要最小的平面。因此各研究间牙本质表面的条件可能相对相似，毕竟去腐过程不会仅限在龋坏组织。

单独对全酸蚀与自酸蚀粘结进行荟萃分析是由于多数研究没有在各种条件下使用恰当的对照比较两者。因此我们单独对 CAD 进行了全酸蚀与自酸蚀粘结效果的荟萃分析。虽然没有很多对比研究纳入（共 11 篇），额外分析的结果显示全酸蚀表现出更好的粘结效果，这意味着在体外实验中，磷酸的应用有利于 CAD 的粘结。这个结果与之前的研究一致，暗示三步法全酸蚀粘结可能对 CAD 有更好的粘结效果。但是作者非常谨慎地解释这个结果，因为只对少数研究进行分析。对于全酸蚀比自酸蚀有更好的粘结结果有两个层次的解释。第一，全酸蚀粘结方法的酸蚀更有效去除组织表面残余的 CAD，而自酸蚀粘结中含有更少的酸性组成，从而降低了他们脱矿和创造微孔隙的能力。第二，自酸蚀粘结的单体依赖于与钙离子的化学反应，而在 CAD 其浓度通常较低。之前的研究显示，诸如对自酸蚀粘结使用氟化溶液脱蛋白处理或对全酸蚀粘结使用胶原交联剂可以提高 CAD 的粘结效果。此外，在全酸蚀粘结中观察到更高的粘结强度不全意味着其临床效果比自酸蚀粘结好。

纳入此综述的研究的一大缺点在于只测量了即刻的粘结强度数据（即在水中贮存 24 小时后）。因此，应该考虑到论文中只评估了材料的最初粘结

能力。上述提及的 CAD 的全酸蚀粘结效果比自酸蚀粘结更好,可能在长期试验中会有不同的结果。另一个需要强调的因素是,四篇以人工诱导龋损为试验对象的研究被纳入,以扩大研究范围和覆盖一项重要的常在粘结强度试验中被忽略的因素:人工诱导的龋损比天然龋更均质和易控制。使用人工诱导的 CAD 可能在粘结试验中存在改变的基底,而不是完好的、没有改变的牙本质基底。纳入的以人工诱导龋为基底的研究数量非常少,这对总体荟萃分析的结果影响可能可以忽略不计。然而,需要强调的是人工诱导的 CAD 在组织学上有异于 SoD,特别是天然龋损可能出现诱导牙本质和有矿物质沉积的闭塞的牙本质小管,这些可能需要更长的时间来形成。

几乎所有数据的分析结果高度一致,同时进行亚组分析以确定可能影响结果的因素。而由于研究包括大量协变量,评估偏倚风险工具的参数不能明确判断,表明纳入的研究可能存在问题,现因此结果高度一致的原因和因素难以确定。不幸的是,在实验室研究中发现问题是常见的,尤其是因为没有关于如何进行和报告牙体外试验的共识和指南。现有的结果也很可能受发表偏倚影响,比如说阴性结果或结果不佳的研究可能根本没有发表。最后一方面实际是所有类型文献中的一个问题,不仅是体外实验。通过无语言及发表日期限制的广泛检索能够减小这个问题。

目前用于龋齿去腐和牙本质粘结的概念和技术提供了许多替代材料和技术应用。去腐后遗留的牙

本质基底降解现象对树脂基充填材料的粘结是一大挑战。本系统综述和荟萃分析的结果证实了,不论去腐选择什么方法,当备洞边缘清洁有完好牙体组织时更能安全地获得最后的粘结效果。然而,这应该在去腐过程中尽量减小创伤,尽可能保守并保存完好的牙本质组织。

文献中已经充分阐述了观察到的与 CAD 较低粘结强度的原因,这包括 CAD 有较低的矿物质含量和更深的脱矿区,矿化组织的形态学和其他化学特征的变化,胶原二级结构的变化,以及 CAD 和 SoD 相比有更厚的杂化层。一个分析了去除硬度作为协变量的归因方差分析研究现实牙本质类型对粘结强度有显著影响:即使 SoD 和 CAD 有相似的管间牙本质硬度,与 CAD 粘结的强度仍然显著低于 SoD。CAD 内聚力的降低也与其较差的粘结能力有关。这证实了系统综述中纳入的 25% 的文章观察到的 CAD 与 SoD 相比有更多内聚失败现象。

## 5 结论

不论是使用何种粘结系统,龋损牙本质相对于完好牙本质在粘结上更有挑战。当与 CAD 粘结时,体外研究的文献指出,与自酸蚀相比全酸蚀可以产生更高的粘结强度。鉴于通常在临床前试验中仅使用完好的牙本质进行试验,这种效果在体外评估牙科粘结剂或开发新粘结剂时应予以考虑。

## 参考文献 略