

# 牙齿外漂白中的显微硬度分析

撒悦<sup>1</sup>, 王浙君<sup>1</sup>, 王贻宁<sup>1,2</sup>综述 蒋滔<sup>1,2</sup>审校

(1. 口腔基础医学省部共建国家重点实验室培育基地和口腔生物医学教育部重点实验室, 武汉大学口腔医学院; 2. 武汉大学口腔医院修复科 湖北 武汉 430079)

**[摘要]** 显微硬度测量法能间接反映牙体硬组织的矿物含量变化, 是目前评价牙齿漂白产品对牙体硬组织影响最常用的方法之一。样本种类、漂白剂、测量部位、储存环境等都可能造成牙体矿物含量的变化, 从而导致牙体显微硬度值的差异。本文就牙齿外漂白中显微硬度测量法的应用及相关影响因素的研究作一综述。

**[关键词]** 显微硬度测量法; 漂白; 釉质

**[中图分类号]** R 782 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1673-5749.2010.02.033

**Microhardness analysis on external tooth bleaching** SA Yue<sup>1</sup>, WANG Zhe-jun<sup>1</sup>, WANG Yi-ning<sup>1,2</sup>, JIANG Tao<sup>1,2</sup>. (1. The State Key Laboratory Breeding Base of Basic Science of Stomatology (Hubei-MOST) & Key Laboratory of Oral Biomedicine Ministry of Education, School & Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Dept. of Prosthodontics, School of Stomatology, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**[Abstract]** Microhardness measurement can provide indirect evidence of mineral loss or gain, and it is one of the most frequently used techniques for evaluating the effects of tooth bleaching products on dental hard tissue. Types of samples, bleaching agents, measurement sites, storage environment and other factors may influence the mineral content and finally make the difference of microhardness values after the bleaching process. This review summarized the application and influencing factors of microhardness measurement in enamel external tooth bleaching.

**[Key words]** microhardness measurement; bleaching; enamel

当今社会, 人们对美的需求日益增长, 洁白漂亮的牙齿已成为人们追求的一种时尚。自 1989 年 Haywood 等<sup>[1]</sup>报道了用 10% 的过氧化脲(carbamide peroxide, CP) 溶液作为漂白剂的夜间漂白技术(家庭漂白技术)以来, 外漂白已成为变色牙的常规治疗方法。与贴面、冠等其他牙齿美容修复方法相比较, 外漂白具有不预备牙体组织的优点, 符合尽量保存健康牙体组织的治疗原则, 目前已被越来越多的医生和患者所接受。

外漂白的临床疗效已被诸多体内和体外实验所证实, 但外漂白是否会导致牙体硬组织的损伤一直存在争议。其中, 外漂白过程中釉质表面形态和结构的改变是人们关注的焦点之一。显微硬度测量法是目前评价牙齿漂白产品对牙体硬组织影响最常用的方法之一, 它通过直接检测牙体硬组织的生物力学特性变化, 间接反映牙体硬组织

的矿物含量变化<sup>[2]</sup>; 然而, 外漂白过程中釉质是否会出现矿物含量变化以及如何变化还存在争议。本文就显微硬度测量法在牙齿外漂白中的应用及应用过程中可能对牙齿矿物含量造成影响进而最终导致显微硬度值变化的因素作一综述。

## 1 显微硬度测量法在牙齿外漂白中的应用

在口腔研究领域, 显微硬度测量法最初由 Koulourides<sup>[3]</sup>用于研究龋病中牙体硬组织的脱矿和再矿化。由于牙漂白过程中牙体硬组织也可能发生类似的脱矿和再矿化变化, 因此显微硬度测量法在牙漂白相关研究中已成为一种常规的检测手段。显微硬度测量法是用金刚石压头在一定的实验负荷范围内作用于被测量物体表面, 将所得压痕相关的几何数据(长度、深度等)转换为硬度值的一种测量方法<sup>[4]</sup>。显微硬度测量法能够准确反映牙齿矿物含量的变化: 压痕长度减少, 表明矿物含量增加; 反之, 则表明矿物含量减少<sup>[5]</sup>。

显微硬度测量用的压头有 2 种, 即 Vickers 压

[收稿日期] 2009-11-11; [修回日期] 2010-02-02

[作者简介] 撒悦(1985—), 男, 陕西人, 学士

[通讯作者] 蒋滔, Tel: 027-87686221

头和 Knoop 压头。在牙齿外漂白相关研究中,通常会根据不同实验的特定要求进行选择。例如 Vickers 压头和 Knoop 压头在测量时进入样本的深度不同:在压痕长度相同的条件下,Vickers 压头进入样本的深度较 Knoop 压头大得多<sup>[6]</sup>,研究者应该根据特定情况选择合适压头;Vickers 压头和 Knoop 压头的形状不同,Vickers 压头是两面之间夹角为 136°的金刚石正四棱锥形压头,而 Knoop 压头是拉伸的菱形形状压头,其压痕长对角线与短对角线的比为 7:11。因此,当压痕排列很密集或者压痕接近样本的边缘时,倾向于使用形状比较窄的 Knoop 压头;当涉及到折裂韧性等牙齿机械性能的指标时,通常需要以 Vickers 压头所得压痕的裂痕长度为基础进行换算,故此时一般选用 Vickers 压头<sup>[7-8]</sup>。

## 2 牙齿外漂白中釉质显微硬度值变化的因素

牙齿外漂白是否会造成牙体矿物含量的变化,从而最终以表面显微硬度值来反映这些变化,学者们一直存在着争议。这可能是由于不同实验中样本种类、漂白剂、测量位点、测量时机、储存环境等实验条件的差异所造成。

### 2.1 样本种类的选择和表面质量

牙齿样本的种类是外漂白实验中一项非常重要的因素,通常牙齿种类的选择会对其矿物含量有所影响,最终测量所得的显微硬度值也会存在差异。外漂白实验中,通常选用牛牙或人牙作为样本。虽然牛牙和人牙的物理、化学组成很相似,但同样条件下,牛牙脱矿的速度是人牙的 3 倍<sup>[9]</sup>,牛釉质的挠曲强度也比人釉质要大<sup>[10]</sup>。因此,牙齿样本种类的选择不同,显微硬度值的测量结果也不同。

除此之外,样本表面质量对显微硬度值也有影响。在牙齿外漂白的显微硬度值测量过程中,通常要求被测样本表面平整,并与水平面平行。如果样本表面与水平面存在角度,将会影响测量结果<sup>[6]</sup>;与此同时,样品的表面粗糙度也对显微硬度值有影响。实验证实,同一块样本表面粗糙度不同,显微硬度值的测量结果也会有所差异<sup>[11]</sup>。

### 2.2 漂白剂种类

不同种类的漂白剂,成分、浓度、pH 值以及用药方式等存在很大差异。Perdigao 等<sup>[12]</sup>曾经比较过 26 种市售漂白剂,发现有效成分过氧化氢的体积分数最高为 35%,最低为 3.5%。在一些体外

实验中,不同浓度的漂白剂对釉质结构及釉质矿物含量的影响有所不同,最终表现为显微硬度值的不同<sup>[13-14]</sup>。但样本显微硬度值变化程度与漂白剂浓度高低之间并没有明显的相关关系。而体内实验结果表明,漂白剂的浓度对样本矿物含量的影响很小,最终显微硬度值的变化也很小<sup>[15-16]</sup>。

漂白剂的 pH 值对样本矿物含量的影响较大。通常含有酸性成分的漂白剂更易造成样本脱矿,导致显微硬度值下降。1991 年, Haywood<sup>[17]</sup>曾报道酸性的过氧化脲漂白剂可能加速漂白过程,但酸对釉质有破坏作用。学者们也认为酸性漂白剂更易腐蚀釉质的表面,使釉质脱矿,造成其表面的软化,导致显微硬度值下降<sup>[10,15,18]</sup>。

除此之外学者们还发现,漂白剂中起缓释剂作用的成分也可能会损害牙体的釉质结构,造成釉质的脱矿,导致显微硬度值的下降,并且这些缓释剂还可能与漂白剂中释放的氧自由基等起协同作用,增加釉质脱矿的概率<sup>[16,19-20]</sup>。

### 2.3 测量部位

在牙齿外漂白的实验中,漂白前后显微硬度值的测量作用于样本的不同部位;因此,釉柱和釉质羟磷灰石晶体的各向异性排列所造成的牙齿不同部位矿物含量和机械特性的差异,最终会表现为显微硬度值的不同<sup>[21-22]</sup>。就釉质的晶体结构而言<sup>[23]</sup>,在釉柱的头部,羟磷灰石晶体基本和釉柱长轴平行排列;在釉柱的尾部,晶体横向散开并与釉质间的晶体垂直排列。相关研究证实:在釉柱头部,显微硬度值较高;在尾部和釉柱间,显微硬度值较低。其中,釉柱间显微硬度值更低。由于很难保证漂白前后压头作用于釉柱的相同区域,故可采用多点测量来减小测量误差。

### 2.4 测量时机

在某些实验中,学者们在外漂白结束后立即对样本进行显微硬度值的测量<sup>[16,24-25]</sup>,结果漂白剂导致釉质脱矿,釉质出现表面显微硬度值的下降。在另一些实验中,研究者将漂白过程结束后将样本保存在天然唾液、人工唾液或其他再矿化液中,等待一段时间后再进行显微硬度值测量。他们认为这样做的目的是能更好地模拟临床条件<sup>[19,26]</sup>。天然唾液或人工唾液能够促进釉质再矿化<sup>[27-28]</sup>,因此在存储介质中保存一段时间后测得的釉质表面显微硬度值更符合临床实际情况。

### 2.5 氟

Lewinstein 等<sup>[14]</sup>在漂白实验中引入氟处理,如

在漂白后的釉质表面使用含氟牙膏<sup>[29]</sup>或在漂白过程结束后将样本放入含氟的溶液中保存一段时间。研究发现，氟处理可以影响因漂白所导致的釉质矿物含量变化，部分甚至完全阻止显微硬度值的下降。推测这可能是氟能进入由漂白所造成的釉质表面的孔隙结构，与釉质更稳定的结合<sup>[30]</sup>，有效地修复已经软化的牙体组织。

还有一些研究也证实了含氟漂白凝胶的作用。与非含氟凝胶相比，含氟漂白凝胶能更有效地减少漂白时矿物含量的丧失，加速漂白后处理过程中矿物含量的恢复，防止显微硬度值的降低<sup>[31]</sup>。

### 2.6 储存环境

在漂白过程中，研究者往往会设计不同的实验条件。样本的漂白过程在体外还是在体内(原位)进行，对釉质显微硬度值有很大影响。在体内进行漂白的样本与未接受漂白的样本相比，显微硬度值的变化没有明显差异；而在体外进行漂白的样本与未接受漂白的样本相比，显微硬度值却出现了明显降低<sup>[32-34]</sup>，同时样本的钙损失量也比在体内进行漂白样本的钙损失量大得多<sup>[32]</sup>。这可能缘于体内体外条件下样本的储存环境不同所导致。天然唾液和人工唾液都具备一定的再矿化能力，它们会使样本在漂白后再矿化，而蒸馏水或去离子水却没有这种能力。同人工唾液相比较，天然唾液通常具有更好的再矿化能力，且天然唾液中的有机成分能够在釉质表面形成保护层，减少矿物质和有机物的丢失<sup>[2]</sup>。因此，漂白后体内环境的天然唾液能使釉质降低的显微硬度值完全恢复<sup>[35-36]</sup>，而人工唾液只能部分恢复。

### 3 结束语

综上所述，显微硬度测量法在牙漂白相关研究中已成为检测牙齿矿物含量的一种常规手段，但在不同的实验条件下，外漂白是否会导致釉质显微硬度值发生变化，还存在一定的争议。总结前人的实验成果，可以大致得出以下结论：外漂白时漂白剂可能导致牙体脱矿，表现为釉质显微硬度值的下降；但由于口腔唾液的保护作用，釉质显微硬度值的下降可能并不明显或者经过一段时间就能恢复；氟的应用可以减少因漂白使牙体组织脱矿所造成的釉质显微硬度值的下降。

### 4 参考文献

[1] Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching

[J]. Quintessence Int, 1989, 20(3) :173-176.

[2] Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties[J]. J Dent, 2007, 35(12) :889-896.

[3] Koulourides T. Dynamics of tooth surface-oral fluid equilibrium[J]. Adv Oral Biol, 1966, 2 :149-171.

[4] Meredith N, Sherriff M, Setchell DJ, et al. Measurement of the microhardness and Young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique[J]. Arch Oral Biol, 1996, 41(6) :539-545.

[5] Featherstone JD, ten Cate JM, Shariati M, et al. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles[J]. Caries Res, 1983, 17(5) :385-391.

[6] Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques[J]. J Dent Res, 1992, 71 (Spec No) :924-928.

[7] Hassan R, Caputo AA, Bunshah RF. Fracture toughness of human enamel[J]. J Dent Res, 1981, 60(4) :820-827.

[8] Baldassarri M, Margolis HC, Beniash E. Compositional determinants of mechanical properties of enamel[J]. J Dent Res, 2008, 87(7) :645-649.

[9] Featherstone JD, Mellberg JR. Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel[J]. Caries Res, 1981, 15(1) :109-114.

[10] Attin T, Muller T, Patyk A, et al. Influence of different bleaching systems on fracture toughness and hardness of enamel[J]. Oper Dent, 2004, 29(2) :188-195.

[11] 刘美华, 李宏琦, 计宏伟, 等. 压痕硬度测试法的主要研究内容及其应用[J]. 理化检验-物理分册, 2008, 44 (9) :485-490.

[12] Perdigo J, Baratieri LN, Arcari GM. Contemporary trends and techniques in tooth whitening :A review[J]. Pract Proced Aesthet Dent, 2004, 16(3) :185-192.

[13] Pinheiro Junior EC, Fidel RA, da Cruz Filho AM, et al. *In vitro* action of various carbamide peroxide gel bleaching agents on the microhardness of human enamel[J]. Braz Dent J, 1996, 7(2) :75-79.

[14] Lewinstein I, Fuhrer N, Churaru N, et al. Effect of different peroxide bleaching regimens and subsequent fluoridation on the hardness of human enamel and dentin[J]. J Prosthet Dent, 2004, 92(4) :337-342.

[15] Zantner C, Beheim-Schwarzbach N, Neumann K, et al. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures[J]. Dent Mater, 2007, 23(2) :243-250.

[16] Rodrigues JA, Marchi GM, Ambrosano GM, et al. Microhardness evaluation of in situ vital bleaching on human dental enamel using a novel study design[J]. Dent Mater, 2005, 21(11) :1059-1067.

[17] Haywood VB. Overview and status of mouthguard bleaching[J]. J Esthet Dent, 1991, 3(5) :157-161.

[18] Jiang T, Ma X, Wang Z, et al. Beneficial effects of hy-

- droxyapatite on enamel subjected to 30% hydrogen peroxide[J]. J Dent, 2008, 36(11) 907-914.
- [19] Basting RT, Rodrigues AL Jr, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time[J]. J Am Dent Assoc, 2003, 134(10) :1335-1342.
- [20] McCracken MS, Haywood VB. Effects of 10% carbamide peroxide on subsurface hardness on enamel[J]. Quintessence Int, 1995, 26(1) 21-24.
- [21] Xu HH, Smith DT, Jahanmir S, et al. Indentation damage and mechanical properties of human enamel and dentin[J]. J Dent Res, 1998, 77(3) :472-480.
- [22] Braly A, Darnell LA, Mann AB, et al. The effect of prism orientation on the indentation testing of human molar enamel[J]. Arch Oral Biol, 2007, 52(9) 856-860.
- [23] Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW, et al. Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale [J]. Arch Oral Biol, 2001, 46(2) :173-183.
- [24] Park HJ, Kwon TY, Nam SH, et al. Changes in bovine enamel after treatment with a 30% hydrogen peroxide bleaching agent[J]. Dent Mater, 2004, 23(4) 517-521.
- [25] Cimilli H, Pameijer CH. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on the physical properties and chemical composition of enamel[J]. Am J Dent, 2001, 14(2) 63-66.
- [26] White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, et al. Effects of Crest Whitestrips bleaching on subsurface microhardness and ultrastructure of tooth enamel and coronal dentin[J]. Am J Dent, 2004, 17(1) 5-11.
- [27] de Oliveira R, Basting RT, Rodrigues JA, et al. Effects of a carbamide peroxide agent and desensitizing dentifrices on enamel microhardness[J]. Am J Dent, 2003, 16(1) 42-46.
- [28] Dusehner H, Götz H, White DJ, et al. Effects of hydrogen peroxide bleaching strips on tooth surface color, surface microhardness, surface and subsurface ultrastructure, and microchemical(Raman spectroscopic) composition[J]. J Clin Dent, 2006, 17(3) 72-78.
- [29] Wiegand A, Schreier M, Attin T. Effect of different fluoridation regimes on the microhardness of bleached enamel[J]. Oper Dent, 2007, 32(6) 610-615.
- [30] Attin T, Albrecht K, Becker K, et al. Influence of carbamide peroxide on enamel fluoride uptake[J]. J Dent, 2006, 34(9) 668-675.
- [31] Attin T, Betke H, Schippan F, et al. Potential of fluoridated carbamide peroxide gels to support post-bleaching enamel re-hardening[J]. J Dent, 2007, 35(9) 755-759.
- [32] Justino LM, Tames DR, Demarco FF. In situ and *in vitro* effects of bleaching with carbamide peroxide on human enamel[J]. Oper Dent, 2004, 29(2) 219-225.
- [33] Araujo EM, Baratieri LN, Vieira LC, et al. In situ effect of 10% carbamide peroxide on microhardness of human enamel :Function of time[J]. J Esthet Restor Dent, 2003, 15(3) :166-173.
- [34] Basting RT, Rodrigues Junior AL, Serra MC. The effect of 10% carbamide peroxide bleaching material on microhardness of sound and demineralized enamel and dentin in situ[J]. Oper Dent, 2001, 26(6) 531-539.
- [35] Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, et al. Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness :A review[J]. Dent Mater, 2009, 25(2) :143-157.
- [36] Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching—a critical review of the biological aspects[J]. Crit Rev Oral Biol Med, 2003, 14(4) 292-304.

(本文编辑 李 彩)

#### 第四军医大学口腔医院牙体修复临床技术周暨国家级继续教育学习班通知

随着人们对口腔健康意识的增强，患者对牙体修复的要求正在逐步提高，各地口腔临床医疗基地的迅速扩大为患者就医提供了便利。但是，由于各个医疗单位牙体临床修复技术水平不均衡，缺乏系统性和连贯性，为此，第四军医大学口腔医院牙体牙髓科根据基层对临床技术的需求，在申报获得 2 项国家级继续教育项目以及 1 项中华口腔医学会继续教育项目的基础上，于 2010 年 5 月 21 日~30 日举行牙体修复临床技术周活动，届时将举办“牙科临床规范化操作、复合树脂间接与直接修复技术、根管再治疗及疑难根管的处理”3 个继续教育学习班和显微根管操作基础培训班，对牙科临床的规范化操作以及牙体两大主要修复技术进行系统培训，旨在提高学员在牙体修复的整体水平，以良好的技术服务于患者。受训对象是基层中级以上口腔医师。

学习班报到注册截止时间：2010 年 5 月 21 日，地点：第四军医大学口腔医院 4 楼牙体牙髓科，联系人：范晓敏，电话：029-84776476，传真：029-84776476，e-mail：chinaendo@yahoo.cn。回信地址：陕西省西安市长乐西路 145 号，第四军医大学口腔医院牙体牙髓科，范晓敏收，邮编 710032。

第四军医大学口腔医院