



# 系统评价：外科手术与非手术干预在加速正畸牙齿移动上的作用

Efficacy of Surgical and Non-surgical Interventions on Accelerating Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review

Zamira Kalemaj, Cesare Lorenzo, Deberndt, Jacopo Buti

原载 Eur J Oral Implantol, 2015, 8(1): 9-24. (英文)

龚 诚 译 李 煌 审

## 摘 要

**目的：**本文通过对随机对照试验 (RCTs) 的系统评价，以评估手术和非手术方法作为正畸治疗 (OT) 的辅助手段对加速正畸牙齿移动 (OTM) 的影响，主要是评价这些手段的有效性和它们对日常正畸治疗的帮助。

**材料和方法：**在 PubMed, Scopus, Web of Science 以及 Cochrane 数据库中检索截至 2014 年 7 月的文献。入选标准：①随机对照试验；②恒牙列正畸治疗；③用于加速 OTM 的辅助手术或非手术方法的应用；④牙齿移动的测量。主要结果分析包括以下项目的测量：牙齿移动的累计量 (CTM)，牙齿移动速率 (RTM) 或牙齿移动时间 (TTM)；次要结果分析包括：疼痛和不适，牙周健康，支抗丢失，骨和根的改变，不期望的牙齿移动。

**结果：**共检索了 184 篇文献，经标题、摘要及全文筛选后，有 15 篇符合纳入标准，用于本文的系统分析。在纳入的文献中，有 6 篇研究了骨皮质切开术的效果，1 篇是关于牙槽间隔骨去除的外科手术，4 篇是低强度激光治疗 (LLLT)，还有 3 篇分别是利用口内 / 口外设备释放体外冲击波 (ESWT)，脉冲电磁场 (PEMF) 以及电流。最后 1 篇是采用注射松弛剂作为口腔正畸治疗的辅助手段。从方法学质量上分析，3 篇研究为高等，6 篇中等，6 篇低等。结果表明，牙槽间隔骨去除术后 2 个月 RTM 增加 ( $P=0.002$ )，术后 3 个月 CTM 增加 ( $P=0.003$ )；骨皮质切开术后的开始几个月 RTM 显著增加 (高达 2.3 倍)，但 TTM 和 CTM 的结果相当有争议，从非显著到高度显著增加 (TTM 的增加最多高达 3 倍)。由于骨皮质切开术不同研究之间存在很大的异质性，因此不允许将结果进行定量合成分析。在 4 篇关于 LLLT 的研究中，有 3 篇研究表明 LLLT 对 OT 有积极影响。由于从原始文章提取的数据不足以进行统计分析，因此对其结果无法进行 meta 分析。在所有的研究报告中，采用电流和 PEMF 设备进行干预，实验侧要比对照侧 CTM 移动的量更大 ( $P<0.001$ )；而其他干预措施无统计学差异，或无临床意义。

**结论：**从短期效果来看，骨皮质切开术可以加速 OTM，但长期效果仍不肯定，因此对其疗效和临床使用尚无确切结论。还有一些证据表明 LLLT 可以稍稍加速 OTM，但效果并不显著，预计无明显临床意义。在以研究为基础的有限证据中，牙槽间隔骨去除术，电流和 PEMF 对 OTM 的效果并没有得到固定结论，因此将来还需要更多高质量的临床研究，来确定这些辅助干预措施加快 OTM 的作用及其潜在的临床意义。

译者单位 南京大学医学院附属口腔医院  
江苏省南京市鼓楼区中央路 30 号 210009

**关键词** 加速；正畸牙齿移动；系统分析

**利益冲突声明** 对于本研究报告中所列的产品或信息，作者无任何直接或间接的经济利益。

## 1 引言

口腔正畸治疗(OT)的主要目标是如何在最短的时间内达到功能和美学上的最佳疗效。缩短治疗时间，不仅患者的依从性要更好，还能降低治疗相关的牙根吸收，获得更健康的牙周状况，同时龋齿的发生率更低。

目前，已有不少研究提出缩短正畸治疗时间，提高其疗效的不同方法。这些方法可分为两大类：第一类为现有正畸技术的提高；第二类为非正畸的辅助干预措施。

到今天为止，正畸研究还是主要集中在改善托槽和弓丝的生物力学性能上，而且取得了一定成果，现已有几种低摩擦矫治系统，能大大减少摩擦力，有利于矫治力的传递。然而，当我们考虑到正畸治疗时间时，这些系统与常规正畸治疗似乎无明显不同。因此，采用辅助性的外科和非外科手段来加速牙齿移动已成为研究的焦点，其中一些加速牙移动的研究已有几十年的历史。

许多学者提出了将不同手术干预手段与生物力学结合的方法，并重新进行了定义。手术干预方法通常包括或多或少的侵入性措施，从整块的截骨术，到不翻瓣的骨皮质部分切开术。根据手术设备和手术方法的不同，外科干预手术的选择也有不同。

非手术性方法包括各种各样的口腔黏膜上的干预方法，以低强度激光治疗(LLLT)，设备辅助治疗以及药物治疗为代表。

目前采用的设备大多基于以下机制：低强度激光照射、脉冲电磁场(PEMF)、体外冲击波疗法(ESWT)以及电流。

药物疗法大多是基于牙齿移动过程中的生物学反应采用的局部给药方法，包括药物注射，如前列腺素、松弛素、维生素D或甲状旁腺激素(PTH)，现已有相关的动物实验和临床研究中对这些联合疗法的临床效果进行评价，并与传统的正畸治疗效果进行比较。

然而，尽管有各种不同的辅助性干预措施，也有很多着重于缩短正畸时间的研究，但似乎没有任何干预措施被广泛接受，也没有成为常规正畸治疗的一部分。因此，尽管已有很多综述对此进行了回

顾分析，但直到2011年8月仅有1篇是包括随机和非随机对照试验的系统回顾。由于这些干预措施对于正畸医师和正畸患者而言都非常重要，而且关于这一主题的研究和文献也越来越多，因此有必要对这一领域进行系统分析，以获得最佳证据(临床随机对照试验)。

因此，本研究的目的是进行系统评价，以回答以下问题：①作为口腔正畸治疗的辅助手段，手术和非手术干预措施在加速正畸牙齿移动(OTM)上有什么样的不同疗效；②这些措施能否用于日常的口腔正畸治疗，有无潜在的临床应用价值？

本系统评价严格遵循PRISMA原则(Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses)。

## 2 材料和方法

### 2.1 方案设计和评价标准

只纳入采用手术与非手术干预手段来加速OTM的临床随机对照试验(RCTs)，包括平行研究设计和左右半口对照设计，没有语言限制。

评价标准是根据PICO方法(患者、干预手段、比较、结果)(Glossary of Evidence-Based Terms 2007)整理文献，如下所示：

#### (P) 患者类型

- 接受固定矫治或隐形矫治的患者。
- 研究样本排除标准，牙颌及牙体疾病者，系统状况欠佳和(或)严重牙周疾病患者。

#### (I) 干预措施的种类

有以下辅助性干预措施：

- 外科干预措施(侵入性骨皮质切开术和骨去除术)。
- 非外科干预措施：
  - 低强度激光治疗(LLLT)。
  - 辅助设备疗法[激光照射，电流，脉冲电磁场(PEMF)，体外冲击波疗法(ESWT)]。
  - 药物治疗(全身或局部)。

#### (C) 干预措施的比较

- 结合辅助干预手段的口腔正畸治疗与单独口腔正畸治疗相比较。

#### (O) 疗效评价指标

主要评价指标为牙移动,表示为:

- 累计牙齿移动 (CTM)。
- 牙齿移动率 (RTM)。
- 牙齿移动时间 (TTM)。

次要评价指标包括:

- 疼痛和不适。
- 牙周健康,包括:牙周指数 (PI),附着丧失 (AT),牙龈萎缩 (GR),牙龈指数 (GI),牙周袋深度 (PD)。
- 支抗损失 (AL)。
- 牙槽骨/牙根变化,包括:骨密度 (BD),骨吸收 (BR),牙根长度 (RL),牙根吸收 (RR)。
- 不期望的牙齿运动 (倾斜,扭转,旋转)。

## 2.2 信息来源和搜索策略

为了搜索出尽可能多的相关研究,我们查找了 PubMed, Scopus, Web of Science 以及 Cochrane Library 电子数据库,时间截止到2014年7月15日,无语言限制。搜索策略如下,将关键词进行组合:

干预/诊断:

((orthodontic\*) OR malocclusion) AND Outcome measure: (((accelerat\*) OR rapid) OR short)) AND ((tooth movement) OR tooth displacement)) AND Study design: ((random\*) OR comparative)。

此外,手工查找 (European Journal of Orthodontics, Orthodontics and Craniofacial Research), 谷歌学术库,以及与此领域的专家联系,来找出已发表的和未发表的潜在的相关研究,同时也查阅了相关文章引用的参考文献。

## 2.3 文献选择和数据采集

由两位作者对已挑选的研究 (ZK, JB) 进行独立排查,在阅读所有研究的标题和摘要后,进一步评估排除那些不符合纳入标准的研究,并检索那些符合条件的文章全文。为了避免排除潜在的相关文章,对于摘要信息不清楚的,要进行下一步的全文分析。两位作者之间的任何分歧都要进行讨论,由双方协商解决。

## 2.4 数据提取

同样由两位作者 (ZK, JB) 对下列项目独立进行数据提取: 研究设计; 材料 (研究样本, 对照样本); 设备; 干预措施; 治疗时间; 随访; 测量方

法; 统计方法; 治疗结果; 治疗的年限; 研究设计。对数据进行汇总成表。当报告项目或结果被判定不清楚或不充分,通过电子邮件联系作者,并要求提供进一步的信息。如果发现两个以上研究设计和临床特征类似 (纳入标准, 临床干预方法, 治疗时机以及测量方法), 必须对数据进行汇总。

## 2.5 纳入研究的质量评估

对个体研究的质量评估包括对每个 RCT 的方法学质量评估以及整体报告的质量评估。根据 Cochrane 评价手册和 CONSORT (Consolidate Standards of Reporting Trials) 标准对收录的文章进行评估。

根据 Cochrane 清单, 审查主要质量标准: 随机序列生成, 分配隐藏, 双盲以及结果数据的完整性。

根据 CONSORT 声明的指导方针, 对研究设计, 方法以及报告的准确性进行了评估。对影响研究结果的正确性的其他特定重要因素也进行了评价。项目描述及各自的评分列于附录 1。

总体质量得分计算, 最大值为 9, 研究质量进行分类如下:

- 低: 总分 < 4 分;
- 中:  $4 \leq$  总分  $\leq 6$ ;
- 高: 总分 > 6。

得分不是用来计算效果评估, 它被认为是系统分析中评估文献整体证据质量的实用工具。

由两位作者 (ZK, JB) 对每个项目进行了独立的评估和打分, 并对独立的调查结果进行讨论。当分歧发生时, 则行进一步讨论, 或重新阅读文章, 来解决分歧。

## 3 结果

### 3.1 文献选择

在 PubMed, Scopus, Web of Science 以及 Cochrane 注册的临床试验中进行电子搜索, 时间截至 2014 年 7 月 15 日, 分别搜索到 158 篇、144 篇、99 篇以及 49 篇文章。进一步手工检索和谷歌学术搜索, 找到了另外 4 篇文章。在进行标题和摘要筛选后, 除去重复项, 共有 184 篇文章。随后, 对 28 篇文章进行了全文阅读, 应用纳入标准后, 有 15 个研究纳入了本系统分析, 搜索策略如图 1 所示。

### 3.2 研究特性

表 1 描述了纳入研究的总体特征。在选择的 15

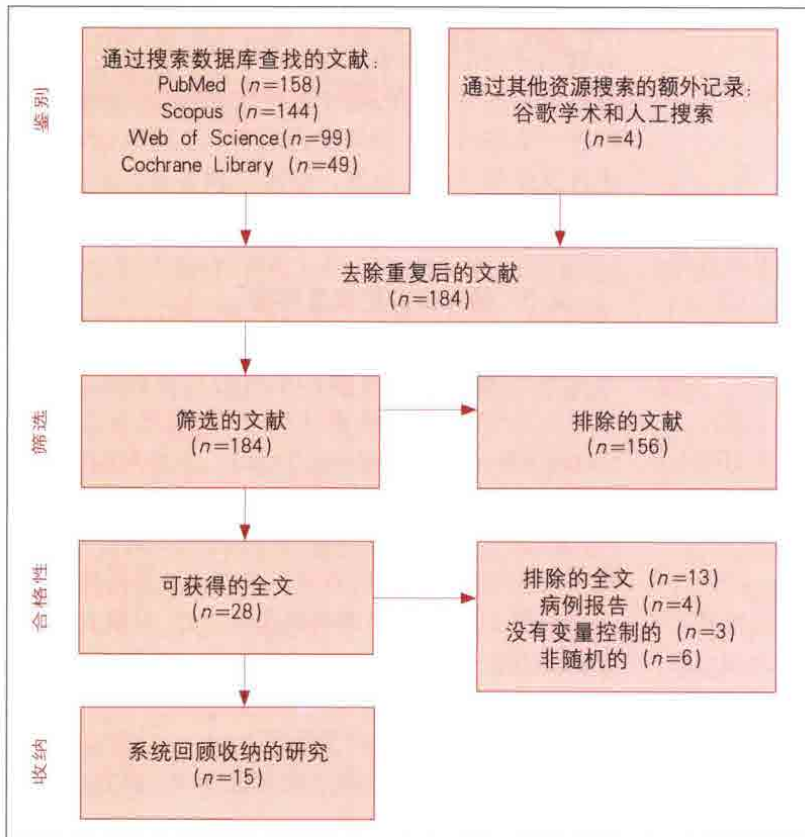


图1 文献筛选的流程图 (PRISMA 表格)

个RCT中,进行了以下干预手段的研究:

- 牙槽间隔骨去除术 + OT 与常规 OT 进行对比: 1 篇研究
- 骨皮质切开术 + OT 与常规 OT 进行对比: 6 篇研究
- LLLT+ OT 与常规 OT 进行对比: 4 篇研究
- ESWT + OT 与常规 OT 进行对比: 1 篇研究
- 电流装置 + OT 与常规 OT 进行对比: 1 篇研究
- PEMF 设备 + OT 与常规 OT 进行对比: 1 篇研究
- 松弛素注射 + OT 与常规 OT 进行对比: 1 篇研究

根据干预措施的详细特征,我们在表2、表3和表4中分别描述了骨皮质切开术, LLLT 以及设备辅助 / 药物注射的方法。

有9篇研究采用左右半口对照设计, 5篇为平行研究设计, 1篇为组合设计(左右半口对照设计和平行研究设计), 10篇研究为青少年和年轻成年人, 2篇为年龄较大的成年人, 其他3篇只报道了

患者的平均年龄。3篇研究仅为女性,而在其他研究中,女性与男性相等,或女性是男性的数倍。

在纳入的研究中,对尖牙、切牙或磨牙的移动进行了干预;涵盖了四种类型的牙齿移动:内收、排齐、倾斜、近中移动以及拔除第一前磨牙或上颌腭侧埋伏尖牙后进行内收。在两个尖牙内收的临床试验中,同时研究了上下颌牙弓;还有些研究排除了下颌切牙。随访从4周到总治疗时间不等。

牙齿移动的测量,有8篇研究是在不同的时间点测量CTM, 8篇研究测量的是RTM, 还有3篇研究测量的是TTM。此外,有一些研究包含了多个测量项目。

有8篇研究对次要的疗效指标进行了定量评估分析,有3篇研究没有报告次要的疗效指标,还有4篇没有评估任何次要的疗效指标。联系了4位原文作者,以获得更多的数据。有1位回应提供了更多的数据,仍并不能用于后续的数据分析(无任何变异措施的报道)。

### 3.3 纳入研究的质量

表5列有方法质量,报告的准确性以及每项研

究的总分。

根据得分, 3篇研究是高质量, 6篇研究为中等质量, 6篇研究为低质量, 表明了中、高风险的偏倚。

总体质量得分是符合 Cochrane 质量评估得分的(4个主要质量要求), 有3个同样的研究能正确满足所有的4个要求。

### 3.4 干预措施的影响

每个研究的主要定量结果摘要见附录2。

#### 3.4.1 牙槽间隔骨去除术和骨皮质切开术

有1篇研究在拔除第一前磨牙后实施牙槽间隔骨去除术, 测试了上颌尖牙的RTM和CTM术后3个月的疗效。结果表明, 该干预方法在术后第2个月RTM显著增加( $P=0.002$ ), 术后第3个月CTM显著增加( $P=0.003$ )。作者报告, 在实验组和对照组之间, 尖牙的角度和旋转无明显差异。该研究没有评估疼痛、不适或其他与患者相关的变量。

有6篇关于骨皮质切开术的研究, 其结果有很好的同源性和一致性, 尤其是在研究设计和手术/正畸方案上(表2)。因此, 对这些结果不能进行定量meta分析。

Alikhani 等人研究了不翻瓣的牙槽骨微打孔术(MOPs)对上颌尖牙内收的影响, 其结果表明, 这种干预措施在术后第1个月RTM显著增加, 是常规牙齿移动速率的2.3倍( $P<0.05$ )。而且, 这种干预措施并没有导致炎症标志物高表达, 以及特别的疼痛或不适。

有1篇研究采用压电式骨刀进行了不翻瓣骨皮质切开术, 发现CTM没有显著增加( $P=0.43$ ), 而术后第1个月患者的RTM要大于对照组(0.109mm对比0.068mm,  $P=0.035$ )。同样, 该研究报告两组患者之间的疼痛、舒适性和满意度, 在所有时间点( $P>0.05$ )无显著差异。

此外, 有2篇研究在前庭侧、前庭沟以及舌侧进行了开放式皮质骨切开术, 并观察了其下颌切牙解除拥挤的影响。在第1篇研究中, 骨皮质切开患者的TTM为对照组的一半(141.7d vs 74.5d,  $P=0.001$ ), 矫治时间大大缩短; 而第2篇研究中, TTM减少了3倍(17.5周 vs 49.0周,  $P<0.001$ )。在后1篇研究中, 还报告了骨皮质切开后患者RR减小, BD没有变化。

Abul Ela 等评估了骨皮质切开术对上颌尖牙远中移动的影响, 结果表明在术后4个月, 尖牙移

动的RTM增加( $P<0.01$ ), 效果较好。同时, 该研究结果表明, 干预措施对牙周指数(PI, PD, GR)没有什么影响, 惟一影响是干预侧GI更高( $P<0.05$ )。

Fisher 等人设计了左右半口对照试验, 一侧行骨皮质切开术, 一侧未行, 然后评估阻生上颌尖牙的内收效果。结果表明, 骨皮质切开术的RTM比对照侧高(0.2650mm/月对比0.1867mm/月,  $P=0.01$ )。

#### 3.4.2 低强度激光治疗(LLLT)

有4篇研究评估了LLLT对OT的影响, 他们的研究设计和临床干预措施非常相似(表3), 我们尝试将数据混合, 进行meta分析。然而, 在4篇文章中, 有2篇研究统计分析不足, 因此没有进行数据的合成和定量。Doshi的研究与Sousa的研究分别对来自同一患者的上下颌尖牙进行了研究, 但他们并没有对患者内和患者之间的影响应用多层次的统计分析。此外, 还必须考虑到上下颌骨的不同特征, 因为这些因素会影响牙齿的移动。Doshi 等人用描述性的方法来表明上下颌尖牙的疗效, 而Sousa 等人没有(附录2)。我们尝试联系了原文作者, 但是无法获得患者的原始数据。表1列出了该分析结果。在这4篇研究中, 有3篇结果表明, LLLT激光术后第1, 第2, 第3个月, CTM明显增加, 但有1篇不支持( $P>0.05$ )。该研究结果表明, 实验组和对照组的CTM都较低, 范围从术后1个月的0.32mm到术后3个月的1.29mm。Cruz等发现, LLLT组术后2个月, 上颌尖牙的CTM比对照组要高( $4.39\pm 0.27$  vs  $3.30\pm 0.24$ ,  $P<0.001$ )。Doshi 等人的结果类似, 上颌尖牙在LLLT术后3个月的移动距离与对照组相比为 $4.30\pm 0.39$  vs  $1.98\pm 0.42$ , 下颌尖牙为 $4.52\pm 0.29$  vs  $1.90\pm 0.34$ 。

在对次要疗效指标和不良影响的测量上, 有1篇研究记录了术后第1天和术后1个月两个时间点上患者的疼痛与不适, 结果表明, LLLT对术后的第1天的疼痛有明显的缓解作用。

#### 3.4.3 设备辅助疗法

有3篇试验研究了口内和口外辅助设备对正畸牙移动的影响(表4)。

Falkensammer 等人研究了口外聚焦冲击波装置ESWT的效果, 并测定了下颌第二磨牙近中移动的RTM。结果表明, 实验组和对照组在每个时间点上都无统计学差异, 而且两组在牙周状况和菌斑

表1 纳入的研究总览

第一作者, 年份	研究设计	治疗对比	样本容量(牙数或患者数)		年龄(岁)	性别
			治疗组	对照组		
Leethanakul 等 (2014)	RCT 左右半口对照设计	牙槽间隔骨去除术 + OT vs OT	18	18	21.9±4.7	18女
Alikhani 等 (2013)	RCT 平行研究设计*	骨皮质切开术 (MOPs)+ OT vs OT	10	10	19.5-33.1	12女 8男
Mehr 等 (2013)	RCT 平行研究设计	骨皮质切开术 +OT vs OT	7	6	28.72 (平均)	8女 5男
Islam 等 (2012)	RCT 平行研究设计	骨皮质切开术 +OT vs OT	4	4	22.30±2.26	8女
Shoreibah 等 (2012)	RCT 平行研究设计	骨皮质切开术 +OT vs OT	10	10	18.4-25.6	17女 3男
About-Ela 等 (2011)	RCT 左右半口对照设计	骨皮质切开术 +OT vs OT	13	13	19 (平均)	8女 5男
Fischer (2007)	RCT 左右半口对照设计	骨皮质切开术 +OT vs OT	6	6	11.1-12.9	4女 2男
Doshi-Mehta 等 (2012)***	RCT 左右半口对照设计	LLLT+OT vs OT	20	20	12-23	12女 8男
Sousa 等 (2011)***	RCT 左右半口对照设计	LLLT+OT vs OT	10	10	10.5-20.2	6女 4男
Limpanichkul 等 (2006)	RCT 左右半口对照设计	LLLT+OT vs OT	12	12	20.11±3.40	8女 4男
Cruz 等 (2004)	RCT 左右半口对照设计	LLLT+OT vs OT	11	11	12-18	NR
Falkensammer 等 (2014)	RCT 平行研究设计	ESWT+OT vs OT	13	13	31.5±11.0	16女 10男
Kim 等 (2008)	RCT 左右半口对照设计	电流设备 +OT vs OT	7	7	20.4 (平均)	7女
Showkatbakhsh 等 (2010)	RCT 左右半口对照设计	PEMF 装置 +OT vs OT	10	10	23.0±3.3	5女 5男
McGorray 等 (2011)	RCT 平行研究设计	松弛剂 +OT vs OT	20	19	18.6-40.5	28女 11男

RCT, 随机对照试验; OT, 正畸治疗; LLLT, 低强度激光治疗; ESWT, 体外冲击波治疗; PEMF, 脉冲电磁场; TTM, 牙齿移动时间; RTM, 牙齿移动率; CTM, 累计牙齿移动

\* 在患者间首先进行随机化分组(平行研究设计); 随后实验组患者随机分配(左右半口对照设计)

\*\* 基于文章中作者报告的数据计算

\*\*\* 在上下颌尖牙的累计数据(平均)进行统计分析

NR, 未报告

干预位置	移动类型	随访时间	主要结果	治疗侧与对照侧统计显著性差异	位置, 环境
上颌尖牙	内收	干预后达 3 个月	RTM (mm/月) CTM (mm)	- 第 1 个月和第 2 个月: $P=0.002$ - 第 3 个月: $P=0.003$	泰国, 大学
上颌尖牙	内收	干预后达 1 个月	RTM (mm/月)	- 第 1 个月: $P<0.05$	纽约, 大学
下颌切牙	排齐	直到拥挤完全解除	TTM (d) RTM (mm/月)	- $P=0.430$ - 第 1 个月: $P=0.035$ - 第 2, 3, 4 个月: $P>0.050$	康涅狄格, 大学
下颌切牙	排齐	直到拥挤完全解除	TTM (d)	$P=0.001^{**}$	埃及, 大学
下颌切牙	排齐	直到拥挤完全解除	TTM (周)	$P<0.001$	埃及, 大学
上颌尖牙	内收	干预后达 4 个月	RTM (mm/月)	- 第 1, 2, 3, 4 个月: $P<0.01$	埃及, 大学
上颌阻生尖牙	内收	直到尖牙完全内收	RTM (mm/周)	$P=0.01$	波士顿, 大学
上下颌尖牙	内收	直到实验侧完全内收	CTM (mm)	- 第 3 个月: $P=0.038$ - 完全内收: $P<0.001$	印度, 大学
上下颌尖牙	内收	干预后达 3 个月	RTM (mm/月) CTM (mm)	- 第 1, 2 个月: $P<0.001$ - 第 3 个月: $P=0.029, P<0.001$	巴西, 大学
上颌尖牙	内收	干预后达 3 个月	CTM (mm)	- 第 1, 2, 3 个月: $P>0.050$	泰国, 大学
上颌尖牙	内收	干预后达 2 个月	CTM (mm)	- 第 2 个月: $P<0.001$	巴西, 大学
下颌第二磨牙	近中移动	干预后达 4 个月	RTM (mm/月)	- 第 1 个月: $P=0.27$ - 第 2 个月: $P=0.80$ - 第 3 个月: $P=0.96$ - 第 4 个月: $P=0.41$	维也纳, 大学
上颌尖牙	内收	干预后达 4 周	RTM (mm/周)	- 第 1, 2, 3, 4 周: $P<0.001$	南韩, 大学
上颌尖牙	内收	直到两侧获得 1 类关系 ( $5.0\pm 0.6$ 个月)	CTM (mm)	$P<0.001$	伊朗, 大学
上颌中切牙	倾斜	干预后达 8 周	CTM (mm)	- 8 周: $P=0.995$	佛罗里达, 大学

指数上都无任何差异。

有 1 篇研究了电流装置的影响, 结果表明干预措施实施 4 周后, 实验组的 CTM 明显大于对照组 ( $2.42$  vs  $1.89$  mm/周,  $P<0.001$ )。

有 1 篇研究设计了左右半口对照试验, 并与单侧实施 PEMF 的疗效进行比较。结果表明, 这些设备可以加速 OTM, 与对照侧相比, 实验侧尖牙的

位移距离更大 ( $5$  mm vs  $3.5$  mm,  $P<0.001$ )。

#### 3.4.4 药物注射疗法

有 1 篇研究观察了松弛素注射液对上颌中切牙倾斜移动的效果。松弛素注射 8 周后, CTM 无明显差异, 治疗时间无明显缩短 ( $P=0.995$ )。此外, 在实验组与对照组之间, 也没有观察到治疗后复发的差异 ( $P<0.05$ )。

表2 辅助外科干预的研究(间隔骨削骨术和皮质骨切开术)

第一作者, 年份	手术器械	手术干预	后期治疗	生物力学	支抗 干预后 使用 力加载	正畸调整	主要结果测 量方法	治疗组与对照组次要结 果差异
Leethanakul 等 (2014)	车针	- 黏膜: 不翻瓣 - 牙槽骨: 在第一前磨牙牙槽窝内尖牙远中去除牙槽间隔1.0至1.5mm	NR	- Power arm 0.021×0.025 不锈钢 - 尖牙磨牙舌侧扣 - 链圈 (150g)	TAD 立即	每4周	模型测量	尖牙倾斜: $P > 0.05$ 尖牙旋转: $P < 0.05$
Alikhani 等 (2013)	手用器械	- 黏膜: 不翻瓣 - 牙槽骨: 前庭沟处穿3个1.5mm宽2.0至3.0mm深的孔, 从尖牙处到第二前磨牙等距	- 无抗生素或止痛药	- Power arm - NiTi 拉簧 (100g)	TAD 立即	NR (与此研究无关)	数字卡尺, 模型测量	-1d, 7d, 14d, 28d 疼痛评分: $P > 0.05$ - 细胞因子水平
Mehr 等 (2013)	PS 超声	- 黏膜: 前庭沟处3个4mm的垂直切口 - 牙槽骨: 皮质骨4mm长1mm深垂直切口	- 氯己定 - 对乙酰氨基酚 (需要时)	- 0.022 英寸自锁托槽 - 0.014 Cu-NiTi, 前2次复诊 - 0.014×0.025 Cu-NiTi	NR 立即	每4-5周	数字卡尺, 模型测量	-1h, 12h, 7d 疼痛评分: $P > 0.05$
Islam 等 (2012)	PS 超声	- 黏膜: 垂直 + 舌侧翻瓣 - 牙槽骨: 垂直 + 舌侧, 垂直 + 水平切口; 垂直打孔 - 骨移植材料	- 双氯芬酸 - 奥格门汀 (每8h, 5d)	NR	NR 2周后	每1-3周	总疗程代替	没有测量报告
Shoreibah 等 (2012)	低速球钻	- 黏膜: 垂直翻瓣 - 牙槽骨: 垂直 + 舌侧, 皮质骨垂直切开	- 全身抗生素 - 抗水肿 - 止痛药 (7d) - 氯己定	- 0.022×0.028 英寸 Roth 托槽 - NiTi, 0.012, 0.014×0.016, 0.018	NR 立即	每2周	总疗程代替	-PD: $P = 0.329$ -BD: $P > 0.050$ -RL: $P < 0.001^*$
Aboul-Ela 等 (2011)	低速球钻 (nr 2)	- 黏膜: 垂直翻瓣 - 牙槽骨: 从侧切牙到第一前磨牙前庭沟皮质骨垂直打孔	NR	- NiTi 拉簧 (150g)	TADs 立即	NR	牙齿模型扫描测量	-MAL, PI, AL, PD, GR; -GI: $P < 0.05^{**}$
Fischer 等 (2007)	低速球钻 (1.5mm)	- 黏膜: 垂直翻瓣 - 牙槽骨: 近远中距埋伏阻生尖牙2mm皮质骨垂直打孔	NR	ND Power arm <sup>***</sup> (60g)	ND TPA <sup>***</sup> 2周后	每4-6周	总疗程代替	没有测量报告

PS. 压电式骨刀切开术; PD, 牙周探诊深度; BD, 骨密度; RL, 根长; MAL, 磨牙支抗丢失; PI, 牙周指数; AL, 附着丧失; GR, 牙龈退缩; GI, 牙龈指数; NR, 未报告; ND, 未描述  
\* 治疗阳性结果; \*\* 治疗阴性结果; \*\*\* 由图片所得



表3 辅助性LLLT干预研究

作者年份	激光参数: 波长, 功率, 能量密度, 曝光时间	疗程	照射应用 部位	生物力学	支抗使用	主要结果 测量方法	治疗侧与对照侧 次要结果差异
Doshi-Mehta 等 (2012)	800nm 0.25mW 8J/次 10s/次	-首月: 3, 7, 14d -2个月及以后: 15d 每次	-5例颊侧 -5例腭侧	-NiTi 拉簧 (150g)	-TPA 和第一 磨牙和第二 前磨牙连扎	数字卡尺, 模型测量	疼痛评分: 3d, 30: $P<0.001$
Sousa 等 (2011)	780nm 20mW 5J/cm <sup>2</sup> 10s/次	-3个月: 0, 3, 7d	-5例颊侧 -5例腭侧	-NiTi 拉簧 (150g)	-后牙片段弓	软件测量, 3D扫描模型	RR, BR: $P>0.05$
Limpanichkul 等 (2006)	860nm, 100mW, 25J/cm <sup>2</sup> 23s/次	-4个月: 0, 1, 2d	-3例颊侧 -3例腭侧 -2例牙龈	-NiTi 拉簧 (150g)	-磨牙近中止 动环	立体显微镜, 模型测量	NR
Cruz 等 (2004)	780nm 20mW 5J/cm <sup>2</sup> 10s/次	-2个月: 0, 3, 7, 14d	-5例颊侧 -5例腭侧	-NiTi 拉簧 (150g)	-TPA 和 Nance 弓	数字电子卡尺 测量代替	无测量报告

TPA, 横腭杆; RR, 牙根吸收; BR, 牙槽骨吸收; NR, 未报告

表4 辅助治疗装置和药物注射治疗的研究

作者年份	装置 / 干预参数	疗程	生物力学设计	支抗使用	主要结果 测量方法	治疗侧与对照侧 次要结果差异
Falkensammer 等 (2014)	-1000ESW 脉冲 -0.19-0.23mJ/mm <sup>2</sup>	-总计 1000 脉冲 -5次脉冲/秒 -单次应用	-牵引钩和超弹 性拉簧 (200nC)	TAD	牙齿扫描模型 软件测量	-转矩 (月): 第1个月: $P=0.04$ , 第2个月: $P=0.03$ , 第3个月: $P=0.05$ -倾斜和旋转: 无 显著差异 - PD: $P=0.52$ ; PI: $P=0.003$ ; GI: $P=0.55$
Kim 等 (2008)	20 $\mu$ A	-5h/日, 持续4周	-轻力拉簧 (150g)	TAD	电子卡尺, 模 型测量	NR
Showkatbakhsh 等 (2010)	-0.5mT, 1Hz	-8h/日, 夜间	-NR (50g)	后倾弯和磨 牙止动片	数字卡尺, 模 型测量	NR
McGorray 等 (2011)	-0.1ml/次 -2次注射: 垂直 +舌侧	-每8周注射	-4副矫治器 -0.5mm 移动 -0, 2, 4, 6周	隐形矫治器	扫描数字印模 计算机重叠	NR

TAD, 微种植体支抗; NR, 未报告

表5 评估质量

项目	Leethanakul 等 (2014)	Alikhani 等 (2013)	Mehr (2013)	Islam 等 (2012)	Shoreibah 等 (2012)	Aboul-Ela Fisher 等 (2011)	Doshi-Mehta 等 (2012)	Sousa 等 (2011)	Limpanichkul Cruz 等 (2006)	Falkensammer Kim 等 (2014)	Kim 等 (2008)	Showkatbakhsh McGorray 等 (2010)	McGorray 等 (2011)
<b>Cochrane 质量评价</b>													
随机序列产生	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
分配隐藏	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
盲法	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
不全结局数据	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
<b>其他: 方法和报告</b>													
统计方法和结果报告充分性	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
样本容量和功效分析	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
测量方法描述	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
测量方法准确性	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
治疗计划和正畸步骤	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
得分	4	6	9	1	2	5	3	3	6	2	9	4	2
	中	中	高	低	低	中	低	低	中	低	高	中	低
													高

## 4 讨论

本系统评价的目的是评估辅助手术和非手术干预措施加速 OTM 的有效性,并估计这些辅助性干预措施对日常正畸治疗的益处。

在所有辅助加速牙移动的手术方法中,有 4 篇随机对照试验进行的是皮质骨切开术,有 1 篇研究进行的是牙槽间隔骨去除术。骨皮质切开术,仅仅定义为骨皮质切开、穿孔或机械性改变的手术过程,而在牙槽间隔骨去除术中,骨皮质保持不变,仅去除拔牙后的牙槽间隔。研究表明,在骨皮质和牙槽间隔手术后,会诱导局部加速现象 (RAP),这包括瞬时局部脱矿一再矿化过程,以及在正畸牙移动期间出现的透明样化区,以及周围巨噬细胞的出现更早。

在评估 RAP 现象时,我们发现存在两个主要问题。第一个问题是 RAP 的持续时间以及对正畸疗程缩短的效果,在这方面应该重视牙齿移动的不同阶段;第二个问题是 RAP 手术区域的扩展。

Mehr 已经提出了 RAP 的持续时间,他发现实施压电式骨刀切开术后 (piezocision),下颌切牙排齐的速度轻微加快,但仅在干预手术后第 1 个月发生。由于该作用阶段极短,因此对临床疗效的影响也是微不足道的。

在手术区域的扩展上,

我们比较了 Mehr 和 Shoreibah 等人的发现。研究表明,手术方法的扩展对 RAP 具有积极影响。令人惊奇的是, Shoreibah 和 Islam 等人的研究结果相反,即同时在前庭和舌侧实行骨皮质切开术,TTM 缩短了一半;而仅在前庭处行骨皮质切开术,TTM 仅缩短了 1/3。该研究结果还与设备的侵入程度有一定的相关性,但使用压电式骨刀代替低速车针,TTM 似乎并没有缩短。

在上面所提及的 3 篇研究中,存在不同的正畸生物力学,不同的治疗起始点,不同的正畸方法以及不同的测量方法。这些差异可能解释为什么不同的研究会得出相反的结论。此外,在这 3 篇研究中,只有 1 篇是低风险的偏倚,而其余 2 篇都是高风险的偏倚,这也会使矫治结果的可比性降低。

在评估骨皮质切开术对尖牙内收的影响的研究中,结果表明,术后 1 个月和 2 个月实验侧的 RTM 是对照侧的两倍,但在术后第 3 和第 4 个月 RTM 下降,这表明 RTM 随着时间变化逐渐减弱,以及 RAP 现象的变弱,再次手术干预似乎对尖牙内收的速率没有影响(Alikhani 等人与 Aboul Ela 等人的研究比较)。此外,只有 Alikhani 等人的研究解决了左右半口对照试验中的交叉作用问题,其结果支持 MOPs 具有一定的局部作用,因此在这种情况下,左右半口对照试验的研究设计更为合适。

在骨皮质切开术时,对牙周指数进行评价,结果表明该干预手术对牙周组织没有明显影响,从而推定此方法相当安全。然而,这些观察仅在 2 篇研究中被量化,而其余 2 篇仅有简单的描述。由于外科手术对牙周组织具有一定侵袭性,因此在骨皮质切开术后,进一步研究牙周健康是有必要的,这样才能评估干预的整体疗效。只有 2 篇研究采用了疼痛评分测定,结果表明在术后疼痛和不适方面,不翻瓣骨皮质切开术后的 OT 与单独的 OT 相比无明显差异。

与上述研究相似,辅助牙槽间隔骨去除术移动牙齿,术后 2 个月 RTM 几乎增加两倍。此外,作者发现这种干预在 18 个项目中有 4 个具有临床意义。虽然这种技术类似于牙周膜韧带的松解,它不会改变骨皮质,从而产生较少侵入性的干预。尽管如此,它的临床使用受到限制仅限于拔牙病例,因此不能适用于大多数正畸患者。

大多数调查外科手术辅助措施的研究缺失重要的信息。作者并没有报告牙齿移动结束点的标准,后期治疗用药/护理,正畸调整及支抗。重要因素

的缺失可能会直接影响研究结果的解释。

这组研究的总体质量是中等到低,因此所获得的总体建议较弱。

在加快 OT 的非手术方法中,LLLT 是最为常见的干预措施。激光治疗对骨再生有一定的生物学刺激效果,能刺激破骨细胞、成骨细胞和成纤维细胞的增殖,影响骨重建的整体过程。基于这些发现,已有一些动物实验和临床试验对 LLLT 对 OTM 的影响进行了研究。在本系统评价中,有 3/4 的研究表明 LLLT 对加快 OTM 有积极的作用,但由于缺乏正确的统计分析和数据报告,这些研究的质量为低到中等。

在临床对照试验中,LLLT 对 OTM 功效存在相互矛盾的结果,这可能是由于 LLLT 应用的非标准化。需要特别注意的是,要确定最佳的激光参数(波长,功率,曝光),方案以及应用技术。在纳入到本系统评价的四篇研究中,激光参数相差很大,特别是在功率和能量密度上。Limpanichkul 等人采用更高能量(是 Sousa 等和 Cruz 等研究的 11.5 倍;是 Doshi 等研究的 2.9 倍)。在同一研究中,有研究的曝光是其他研究的 2 倍(23s 对比 10s)。因此,激光参数和应用指南的差异可能是影响研究结果,导致争议的一个重要因素。我们认为,短曝光(10s)和小输出功率(20mW)的 LLLT 在术后第 2 至 3 个月期间能明显加速 OTM。

除了上述这些差异,在所有研究中的干预措施都具有相当的标准化,包括在颊舌侧的 5 次照射以及类似的生物力学设计。支抗使用和主要结果的评定方法都是相当可靠的,因此这对于结果的差异性而言并不是重要因素。不幸的是,没有一项研究对激光照射交叉效应进行了评估。因此,在不同患者身上观察到的差异也值得怀疑。

在次要结果分析方面,LLLT 不会增加任何疼痛、不适,也不会破坏牙周组织健康。因此,该技术对患者是微创和安全的。测试 LLLT 在 OTM 效果的研究质量为低到中等,因此结论仍不明确,临床建议较弱。

在辅助装置和药物治疗干预措施上,大多为单一性研究,即对每种干预措施进行了单独的研究。在这些低风险偏倚的研究中,Falkensammer 等测试非侵入性 ESWT 对下颌磨牙近中移动的效果。尽管冲击波已成为肾和尿道结石,肌腱病变和伤口愈合的治疗首选,但其对 OTM 效果似乎并不显著。Kim 等人发现,口内装置输出电流能成功地加速

OTM; Showkatbakhsh 等人发现正畸治疗中脉冲电磁场可以降低 TTM。不过, 由于在目前文献中没有发现采用相同的设备和干预措施发表的其他研究, 因此这些干预的效力和可靠性还需要进一步的测试, 对其结果应谨慎解释。此外, 该研究还需考虑不同装置的大小, 交叉影响以及与患者之间的相关结果, 因此该临床建议要更弱。

关于药物方法对减少正畸治疗时间上, 仅有惟一一篇研究调查了使用松弛素对尖牙倾斜移动的影响。在一些大鼠的实验研究中, 已证实了人类松弛素的应用可加速早期的 OTM。McGorray 等人对此实验进行了精心的设计和精心的实施, 但得到的是阴性结果, 他们解释这可能由于松弛素的局部剂量过低而致, 这使得对 OTM 的效果较差。然而, 通过松弛素影响 OTM 的机制尚未完全清楚, 而且在常规正畸中并不鼓励局部注射。此外, 在局部药物施用的每一道程序中, 都必须认真监测药物的全身效应。

## 5 结论

1. 骨皮质切开术后第 1 个月对加速 OTM 明显

有效, 但远期效果值得怀疑。不同研究之间缺乏一致性, 其临床应用的相关研究还需进一步加强。

2. LLLT 与 OT 的结合比单独 OT 相比, 能明显加速 OTM。但尽管如此, 总体益处很小, 因此没有什么临床意义。此外, 研究质量相对较低, 因此结论并不确切。

3. 关于其他手术和非手术的方法, 如牙槽间隔骨去除术、电磁及电流装置, 它们在加速 OTM 上的效果仅得到有限的研究证据支持, 因此对于其疗效和临床应用价值目前也没有肯定的结论。

4. 在评估辅助干预措施对加速 OTM 的效果以及其潜在的临床应用方面, 还需要更多方法学完善的研究。

## 6 鸣谢

作者要感谢 Lorenzo Richiardi 博士, Michela Baccini 和 Renata Zelic 博士在统计分析和翻译上的额外帮助。

附录 1 质量评估

项目	描述	评分
<b>Cochrane 质量评价</b>		
随机序列产生	适当的序列产生	NR/ND = 0, 是 = 1
分配隐藏	适当的分配隐藏	NR/ND = 0, 是 = 1
盲选	参与者盲选 (如可能) 和 (或) 结果评审员和 (或) 统计员	NR/ND = 0, 是 = 1
不全结局数据	不全结局数据处理	NR/ND = 0, 是 = 1
<b>其他: 方法和报告</b>		
统计方法和结果报告充分性	使用适当的统计方法和适当的报告结果 (措施效果的精确值, 统计测试和 P 值)	NR/ND = 0, 是 = 1
样本容量和功效分析	样本容量和功效分析前患者列入	NR/ND = 0, 是 = 1
测量方法描述	用于测量牙齿运动描述明确的方法	NR/ND = 0, 是 = 1
测量方法准确性	(先前研究、实验、重复的测量等) 测量方法的精度估计	NR/ND = 0, 是 = 1
治疗计划和正畸步骤	治疗计划、正畸步骤和生物力学描述	NR/ND = 0, 是 = 1

NR: 未报告 (相关内容未提及); ND: 未描述 (提及, 但是未描述)

附录2 每项研究的主要结果

第一作者, 年份	主要结果	测量时间点	治疗组 (平均数 ± 标准差)	对照组 (平均数 ± 标准差)	P 值
Leethanakul 等 (2014)	RTM (mm/月)	第1个月	1.60 ± 1.08	0.9 ± 0.3	0.002
		第2个月	2.3 ± 1.1	1.2 ± 0.5	0.002
		第3个月	1.6 ± 0.8	1.3 ± 0.7	>0.05
	CTM (mm)	第2个月	3.9 ± 1.8	2.1 ± 0.9	0.003
		第3个月	5.4 ± 1.5	3.4 ± 0.9	0.002
Alikhani 等 (2013)*	RTM (mm/月)	1个月	1.15 ± 0.15	0.51 ± 0.15	<0.05
Mehr 等 (2013)	TTM (d)		98.50 ± 30.39	118.40 ± 40.77	0.43
	RTM (mm/月)	第1个月	0.109 ± 0.033	0.068 ± 0.025	0.035
		第2个月	0.061 ± 0.032	0.073 ± 0.061	0.537
		第3个月	0.023 ± 0.022	0.068 ± 0.059	0.057
		第4个月	0.025 ± 0.002	0.037 ± 0.004	0.800
Islam 等 (2012)	TTM (d)		74.5 ± 7.7	141.7 ± 21.3	0.001
Shoreibah 等 (2012)	TTM (周)		17.5 ± 2.8	49.00 ± 12.30	<0.001
Aboul-Ela 等 (2011)	RTM (mm/月)	第1个月	1.89	0.75	<0.01
		第2个月	1.83	0.86	<0.01
		第3个月	1.07	0.93	<0.01
		第4个月	0.89	0.85	<0.01
Fischer 等 (2007)	RTM (mm/月)		0.26500 ± 0.03619	0.18670 ± 0.01506	0.01
Doshi-Mehta 等 (2012)	CTM (mm)**	第3个月 - 上颌	4.30 ± 0.39	1.98 ± 0.42	
		- 下颌	4.52 ± 0.29	1.90 ± 0.34	
		完全内收 - 上颌	5.49 ± 0.37	3.91 ± 0.38	
		- 下颌	5.54 ± 0.31	3.77 ± 0.31	
Sousa 等 (2011)***	RTM (mm/月)	第1个月	1.16 ± 0.51	0.42 ± 0.29	<0.001
		第2个月	0.89 ± 0.67	0.38 ± 0.31	<0.001
		第3个月	1.04 ± 0.50	0.80 ± 0.49	0.029
	CTM (mm)	第3个月	3.09 ± 1.06	1.60 ± 0.63	<0.001
Limpanichkul 等 (2006)	CTM (mm)	第1个月	0.32 ± 0.08	0.38 ± 0.08	
		第2个月	0.73 ± 0.13	0.74 ± 0.13	
		第3个月	1.29 ± 0.21	1.24 ± 0.21	
Cruz 等 (2004)	CTM (mm)	第2个月	4.39 ± 0.27	3.30 ± 0.24	<0.001
Falkensammer 等 (2014)	RTM (mm/月)	第1个月	0.58 ± 0.44	0.45 ± 0.48	0.27
		第2个月	0.49 ± 0.50	0.38 ± 0.30	0.80
		第3个月	0.45 ± 0.46	0.41 ± 0.38	0.96
		第4个月	0.45 ± 0.30	0.38 ± 0.33	0.41
Kim 等 (2008)	RTM (mm/周)	第1周	0.75 ± 0.13	0.56 ± 0.08	<0.001
		第2周	0.65 ± 0.09	0.49 ± 0.08	<0.001
		第3周	0.51 ± 0.03	0.39 ± 0.02	<0.001
		第4周	0.51 ± 0.03	0.39 ± 0.02	<0.001
	CTM (mm)	第4周	2.42 ± 0.26	1.89 ± 0.27	<0.001
Showkatbakhsh 等 (2010)	CTM (mm)		5.0 ± 1.3	3.5 ± 1.6	<0.001
McGorray 等 (2011)	CTM (mm)	第8周	0.83 (0.08)	0.83 (0.09)	0.995

\* 由情况评估的数值; \*\* 由描述表格计算值; \*\*\* 没有报告上下颌牙齿单独的值