

在此研习站，您将解释以下概念：

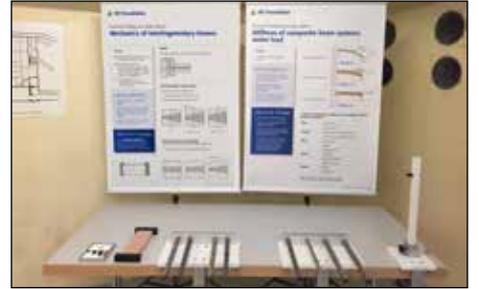
1. 变形力如何产生碎片间张力。如果变形力产生的张力阻碍了特定间隙的骨愈合，那么间隙的运动必须被抑制(绝对稳定性)。如果张力可能分布在多个间隙中，那么尽管变形力较高(相对稳定性)，骨愈合仍会发生。
2. 在弯曲载荷下，骨骼钢板结构的刚度会有何不同。目的是让学员可感受并了解植入物以及弯曲方向如何影响骨骼钢板结构的刚度。

钢板固定术是用于治疗骨折的一种非常通用的方法。因为同一块钢板可以有多种不同的使用方法（例如，用于压缩、支持或桥接骨折），

外科医生务必熟悉用钢板固定的张力理论和力学，以在使用这些方法治疗骨骼时获得可接受和可预测的结果。

通过示范模型和海报，您可以讲述：

- 骨折间隙宽度如何影响运动耐受性（使用扁平演示模型），以及变形力如何影响不同的骨折模式（使用泡沫模型）
- 在指定的一侧上应用一块钢板使不稳定的骨头变得更加坚硬时，可以观察到何种程度的稳定性，然后通过添加螺钉（螺栓）或将钢板放置在骨骼的另一侧（张力侧）或添加其他螺钉



学习目标

完成此研习站课程后，学员能够：

- 掌握什么是绝对和相对稳定性
- 掌握在相对稳定性条件下，初始间隙宽度对细胞变形的重要性
- 解释变形力对组织应变的影响
- 比较复合梁与独立梁的弯曲刚度
- 认识骨折块之间组织转化的重要性
- 讲解骨折块位置如何影响所选内部固定钢板的刚度

主要重点

- 在相对稳定性下，小骨折间隙中的细胞会因为过度的张力而被损毁（Perren 的应变理论）
- 只使用钢板相对较弱
- 钢板的刚度取决于弯曲方向
- 当骨骼与钢板紧密连接时，增加弯曲刚度非常重要
- 在可对骨折施加轴向载荷的情况下，张力侧放钢板的复合系统，是最坚硬的结构

研习站系列工作（您的任务）

当您到达研习站作准备时：

- 熟悉海报内容，包括学习目标和任务。
- 学员到达此研习站前，检查设施装配。

小组活动期间（每组重复）：

- 向学员说明，课堂将探讨两个主题概念（参见下文）。

骨痂的力学原理

- 讲解模型代表张力下的组织变形。
- 有三种不同的间隙大小，它们每个都含有适当数量的细胞，代表出现粉碎性骨折时两块骨片块之间骨痂的真正成纤维细胞。此模型允许一定程度的绝对位移，三种间隙大小都一样。
- 将一根手指插入孔内，然后牵拉，加宽间隙。
- 向学员指出，当牵拉模型时，即使位移的绝对程度相同，相比有三个细胞的间隙，含有一个细胞的间隙，会呈现更大程度的变形。这是因为当间隙窄时，相对变形（一个细胞的变形）程度更高。在宽间隙中，绝对位移将在众多细胞之间分布，令单一细胞的相对变形程度较低。
- 使用此泡沫模型解释变形的耐受性，以及绝对位移与间隙宽度之间的关系。当要根据骨折类型考虑使用“绝对稳定性”还是“相对稳定性”时，充份理解对决策过程非常重要。
 - 单纯性骨折：间隙小 → 高相对变形（高相对张力） → 高压下绝对稳定性 → 直接愈合
 - 粉碎性骨折：间隙较宽 → 低相对变形（低相对张力） → 低压下绝对稳定性 → 间接愈合

复合梁系统在负荷下的刚度

- 从没有骨折的四个模型开始着手。让学员用一根手指的指尖小心地下推不同结构的末端。让他们讲述自己的感受，哪个结构最灵活，哪个最坚硬（在海报上半部分可找到答案）。
- 然后移到直立的白色模型。向学员展示，当用螺栓连接单梁，从而增加梁系统刚度时，如何避免各支梁之间滑动。
- 移到桌子上的第三个模型，让学员用一根手指的指尖小心地下推各个末端，同样向模型加载。解释与钢板位于上侧（张力侧）的结构相比，为何钢板位于下侧（压力侧）的模型感觉没有那么坚硬。指出大间隙如何影响结构均分钢板和骨骼之间的载荷能力，而与钢板位置无关。

讨论要点

- 讨论使用骨折块间组织运动的可能后果。
- 讨论钢板位置对骨骼钢板结构刚度的重要性。
- 讨论刚度（材料承受变形的能力）和强度（材料承受毁坏的能力）之间的不同之处。其中，接骨术的刚度可进行临床测量，而强度则只有在对患者有所损害的情况下才能测定。
- 总结主要重点。

学员更换桌子时：

- 将模型放回原位
- 如有需要，从直立模型上拆下螺栓。

技能实验课结束后，您离开研习站前应：

- 确保螺栓在桌子上。

常见问题 (FAQ)

骨折部位的活动、间隙宽度和组织变形之间如何相互影响？

对于任何指定的位移，无论是直线的、成角的或是其中的两种方式组合，间隙宽度和间隙中细胞的数量将决定每个细胞经历的变形量。简单来说，间隙中每个细胞所有位移的总和等于整个间隙的总位移。间隙中的细胞越多，相同位移导致每个细胞的张力越小。更宽的间隙可容纳更多的细胞，从而更好地耐受变形。活动、间隙和变形之间的这种关系不仅在组织学的层次上成立。例如，如果比较三部分骨折和高度粉碎性骨折之间的张力积累，您会发现粉碎程度越高，每一骨折块都进行位移，进而张力或变形越少。掌握这一概念对于理解每种骨折类型所需的稳定性种类至关重要。

单纯性骨折具有包含几部分的小间隙。允许活动可导致高张力集中和变形，从而导致骨不连。请记住，没有活动（绝对稳定性）能更好地促进直接愈合。

然而，粉碎性骨折具有更大的间隙和许多部分，导致每个骨折块的低张力积累和很少的活动量。因为骨痂形成只需要少量的活动，粉碎性骨折可采用相对稳定性和间接愈合治疗。理论上，可为每一骨折块提供绝对稳定性以促进粉碎性骨折的直接愈合。可是，为了固定每一骨折块，您将不得不减少血液供应，而血液供应是骨折愈合中的一个关键因素。这是在过去采用的方法，即以手术方法从骨骼的周围组织中剥离骨骼，并将骨折的每一部分固定在一起。但这种方法会导致无法接受的骨不连和高感染率。

绝对和相对稳定性如何影响骨愈合？

绝对稳定性能促进直接骨愈合，而相对稳定性则产生间接骨愈合。

什么是复合梁系统？

复合梁系统是两个或两个以上彼此相连的独立梁结构。通过将梁连接，可消除它们之间的剪切应力，让其刚度（耐受变形）加倍。

复合梁系统与钢板固定术有什么关系？

钢板固定是一种复合梁系统，其中的钢板（一个梁）与骨骼（第二个梁）通过螺钉相连。当两种结构连接时，可减少剪切应力并且大大提升结构的刚度。

刚度和强度有什么区别？

刚度是材料或系统承受变形的能力。

刚度的测量方法如下：

材料或系统位移的负载和测量，以此作为施加的负载。强度是材料或系统承受破坏或故障的能力。可以通过在材料或系统上施加载荷直至破裂或崩解来测量强度。

因此，无法对材料或系统（即板骨结构）的刚度进行临床测量，因为这会导致系统（即患者）受到伤害。相反，板骨构造的刚度则可以在不对患者有所损害的情况下临床测量。因此，实际上指“刚度”时，应避免使用“强度”一词（因为无法进行临床测量）。

哪些因素会影响钢板固定的刚度和强度？

涉及钢板接骨术的几乎每一个因素，都或多或少影响结构的刚度和强度。包括钢板特征（即，锁定钢板对比传统钢板、钢对比钛）、钢板位置（张力侧或压力侧）、钢板大小（横截面和长度）、螺钉特征（大小、数量、锚固物）、骨骼特征（骨质、横截面）、骨折类型（单纯性对比复杂的粉碎性骨质缺损）和固定方法（压缩、桥接、支撑或中和接骨板）等所有这些因素都在骨折固定术的力学性能方面和在骨骼愈合过程中发挥了重要的作用。

它们与临床有什么相关性？

充份掌握钢板固定术的原理，才能制定适当的术前计划，并为每一种特定骨折和每位患者选择正确的植入物。