技能实验课导师指南
钢板固定术力学原理

H 研习站

在此研习站，您需要向学员解释植入物和骨骼之间负荷均分/屏蔽的原理。要完成此任务，可根据弯曲方向和/或钢板位置（了解拉力侧和压力侧的原理），明白到间隙和与此间隙有关的螺钉位置对固定的刚度会造成怎样的影响。课堂还会展示钢板长度和螺钉的工作长度，如何影响钢板固定以及螺钉拔出。

钢板固定术是骨科/创伤外科医生用于治疗骨折的一种非常通用的方法。因为同一块钢板可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。这个主题的内容很多，需要将其分成互补的两个研习站（H 和 J 研习站）。

此研习站讨论三大主题：
1. 杠杆原理及其如何影响骨折固定和螺钉载荷。
2. 螺钉的工作长度及其如何影响螺钉固定和结构的刚度。
3. 不同的技术如何影响钢板骨骼结构的整体刚度。

学习目标

完成此研习站课程后，学员能够：

- 解释杠杆力臂长度如何影响螺钉载荷
- 掌握甚么是“螺钉工作长度”
- 就间隙大小和弯曲方向而言，解释植入物和骨骼之间载荷均分的原理
- 解释螺钉位置对于孔间隙宽度、结构刚度、钢板加载以及钢板断裂的重要性
- 列出钢板断裂的原因，并明白可采取哪些方法来避免钢板断裂

主要重点

- 螺钉的拔出阻力始终恒定
- 增加骨折部位至螺钉的距离会增大杠杆臂，从而降低螺钉上的拔出力
- 要均分载荷，植入物必须连接至骨骼的拉力侧
- 在反复应力下，钢板较短段会折断
- 嵌顿的骨折块可引起载荷均分

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。
- 熟悉模型及如何使用模型进行演示。
- 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）：

杠杆原理
- 向学员解释任务，并鼓励其对每个钢板骨骼结构进行加载。
- 让学员通过逐一增加重物来对钢板前端进行加载，每次加重后，检查另一端最后一枚螺钉的位移。
- 中间结构的每一侧需要大约相同的重物就能翻倒（骨折间隙两侧的钢板长度相同），而相比右边的模型，左边的模型需要添加较轻的重物，直到拔出螺钉（施加重物一侧的钢板更长、杠杆力臂长），且钢板也更短（短杠杆力臂）。

工作长度
- 向学员解释任务内容，介绍演示模型中的三个骨骼钢板隔断结构（单皮质螺钉插入薄层皮质和厚层皮质中、双皮质螺钉插入薄层皮质中）。
- 鼓励学员旋转模型的前端，让其感受各种坚硬程度。问学员哪种螺钉钢板组合最坚硬稳固，承受旋转力最佳。

钢板加载和钢板固定的刚度
- 模型代表用钢板固定的两块骨折块
- 让学员加载模型，想象钢板
  - 在骨骼的拉力侧上。
  - 在侧向位置。
  - 在骨骼的压力侧上。
- 鼓励每位学员测试用钢板固定的不同骨骼模型。
- 这两个模型展示相同的接骨术，但间隙大小不同。其中，小间隙可让骨骼与钢板共同均分载荷；宽间隙无法闭合，不能均分载荷。
- 这两个模型展示了小间隙的钢板固定，但螺钉置于不同的位置。内部螺钉靠近间隙时，钢板较短段由于应力集中而出现严重变形。内部螺钉远离间隙时，钢板较长段由于应力分散而变形较小。
- 模型包含带有嵌顿骨折块的骨折。请学员在适当位置的结构对有嵌顿及无嵌顿的骨折块进行测试。

讨论要点
- 讨论钢板的杠杆力臂对于施加在螺钉上的拔出力的影响。
- 讨论螺钉工作长度对于钢板骨骼结构刚度的影响。
- 讨论拉力侧和压力侧的概念，并讨论钢板为何应放置于拉力侧。
- 讨论避免钢板断裂可采取的一些方法。
- 讨论小间隙、大间隙情况下以及间隙中有嵌顿的骨折块时钢板变形的原因。
- 总结主要重点。

学员更换桌子时：
- 从杠杆力臂模型上取下所有重物。
- 将所有钢板骨骼结构放回原位。

技能实验课结束后，您离开研习站前应：
- 确保这批钢板骨骼结构完整无缺。
- 确保这批重物完整无缺。

常见问题 (FAQ)

钢板长度如何影响螺钉负荷?
钢板为撬动螺钉提供第一层杠杆作用。在较长的钢板上，螺钉的杠杆力臂会更有力，从而减少了拔出力。相反，在较短的钢板上杠杆力臂较短，让会最后一枚螺钉产生高拔出力。

什么是均分载荷？钢板固定是否会产生均分载荷？如果会，需要什么条件?
均分载荷意味着当对带有植入物的骨骼加载负荷时，植入物和骨骼同时承受载荷。均分载荷只能发生在骨折块之间存在接触的钢板固定中。例如，如果载荷施加在骨骼钢板结构上使得钢板处于张力之下，则压力将由骨骼控制，而张力将由钢板控制。如果骨折块之间没有稳定的骨骼接触（存在间隙或严重粉碎性骨折），就不会出现均分载荷并且整个负荷将由钢板承受（载荷屏蔽）。根据骨折类型和复位类型和/或使用的固定技术，可获得均分载荷或载荷屏蔽结构。载荷屏蔽不一定就是好事或坏事，具体取决于每种骨折的特征和需要。

间隙如何影响钢板固定术?
间隙的主要影响是它改变了钢板的载荷和变形，并改变了钢板骨骼结构刚度。如之前的解释所述，在无骨骼接触时，整个载荷由钢板承受的位置处形成了载荷屏蔽结构，从而增加钢板疲劳断裂的风险。间隙的大小与变形程度相关；无骨骼接触的间隙越大，骨折成角越大，钢板变形也越明显。只要达到了一定的间隙大小，夹层骨折块（即粉碎性骨折、骨痂）的出现可最大限度减少成角可能，并可减少钢板变形。然而，即使很小的间隙，其实也可以产生高密集应力和严重钢板变形，具体情况视乎孔间隔宽度。对于单纯性骨折类型，如果没有获得压力并留下小的间隙，内部螺钉之间的距离（孔间隔宽度）将决定钢板的载荷量。接近间隙的螺钉将允许钢板的短节段在该区域加载密集应力，令钢板严重变形。

什么是螺钉的工作长度?
螺钉的工作长度是指锚定在单皮质或双皮质中骨骼上的螺钉的总长度。它影响骨骼螺钉接触面的应力。厚皮质壁中的单皮质螺钉或双皮质螺钉可取得更长的工作长度，而在薄（骨质疏松）皮质中的单皮质螺钉中，工作长度较短。

它们与临床有什么相关性?
充份掌握这些原理，才能根据骨折类型和所需要的固定类型，找出更好的手术方法，避免了不必要的失败。例如，可复位单纯性骨折类型，确保紧密的骨骼接触以产生均分载荷结构。另一方面，在治疗严重粉碎性骨折或骨质疏松时，有必要放置足够的螺钉和载荷保护（即长负重保护），减少钢板断裂的可能性。最后，请记住长钢板降低拔出力，而长螺钉工作长度可改善骨骼螺钉接触面，因此在选择每种骨折的合适钢板大小和确保螺钉的双皮质紧固时，减少在这方面的应力至关重要。