

医学影像技术对骨再生过程评估的应用价值

朱迅

(第二师焉耆医院放射科 新疆焉耆 841100)

【摘要】目的：探究不同医学影像技术在骨再生过程评估中的应用价值。方法：选取2024年5月至2025年5月期间收治的50例骨缺损需进行骨再生治疗的患者，按照随机数字表法分为对照组和实验组，每组25例。对照组采用传统X线技术进行骨再生过程评估，实验组采用多层螺旋CT(MSCT)联合磁共振成像(MRI)技术进行评估。比较两组评估结果与临床实际骨再生情况的一致性，以及对骨再生不同阶段特征的显示效果。结果：实验组评估结果与临床实际骨再生情况的一致性(Kappa值=0.85)显著高于对照组(Kappa值=0.62)($P<0.05$)；在骨再生早期、中期、晚期特征显示方面，实验组各项指标评分分别为(8.6±0.7)、(9.1±0.5)、(9.3±0.4)，均显著高于对照组的(6.2±0.9)、(6.8±0.8)、(7.5±0.7)($P<0.05$)。结论：多层螺旋CT联合磁共振成像技术在骨再生过程评估中准确性更高，能更清晰显示骨再生不同阶段特征，具有较高的应用价值。

【关键词】医学影像技术；骨再生；多层螺旋CT；磁共振成像；X线；评估价值

Application Value of Medical Imaging Technology in Assessing Bone Regeneration Process

Zhu Xun

(Department of Radiology, Second Division Yanqi Hospital, Xinjiang, Yanqi 841100)

[Abstract] Objective: To explore the application value of different medical imaging technologies in assessing bone regeneration processes. Methods: Fifty patients with bone defects requiring bone regeneration treatment admitted between May 2024 and May 2025 were selected and randomly divided into a control group(25 cases) and an experimental group(25 cases) using a random number table method. The control group assessed bone regeneration through traditional X-ray technology, while the experimental group utilized multi-slice spiral CT(MSCT) combined with magnetic resonance imaging(MRI). The consistency between assessment results and clinical bone regeneration outcomes, as well as the effectiveness in demonstrating characteristics at different stages of bone regeneration, were compared. Results: The experimental group showed significantly higher consistency with clinical bone regeneration outcomes(Kappa value = 0.85) than the control group(Kappa value = 0.62)($P<0.05$). In terms of early, middle, and late-stage bone regeneration characteristics, the experimental group scored(8.6±0.7), (9.1±0.5), and(9.3±0.4) respectively, all significantly higher than the control group's(6.2±0.9), (6.8±0.8), and(7.5±0.7)($P<0.05$). Conclusion: The multi-slice spiral CT combined with MRI technology demonstrates higher accuracy in bone regeneration process assessment, can more clearly display characteristics at different stages of bone regeneration, and has significant application value.

[Key words] medical imaging technology; bone regeneration; multi-slice spiral CT; magnetic resonance imaging; X-ray; evaluation value

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2024年5月至2025年5月在我院接受骨再生治疗的50例骨缺损患者作为研究对象。按照随机数字表法将其分为对照组和实验组，每组各25例。本研究经医院伦理委员会审批(伦理批号：YYLL-2024-035)，所有患者及家属均知情同意并签署知情同意书。

对照组中，男性14例，女性11例；年龄22-65岁，平均年龄(42.5±8.3)岁；骨缺损原因：创伤性骨缺损12例，感染性骨缺损8例，肿瘤切除后骨缺损5例；骨缺损部位：胫骨10例，股骨8例，肱骨5例，其他部位2例；骨缺损面积1.5-6.0cm²，平均面积(3.2±1.1)cm²。

实验组中，男性13例，女性12例；年龄23-64岁，平均年龄(43.1±7.9)岁；骨缺损原因：创伤性骨缺损11例，感染性骨缺损9例，肿瘤切除后骨缺损5例；骨缺损部位：

胫骨 9 例, 股骨 9 例, 肱骨 5 例, 其他部位 2 例; 骨缺损面积 $1.6\text{--}5.8\text{cm}^2$, 平均面积 $(3.1 \pm 1.0)\text{cm}^2$ 。

两组患者在性别、年龄、骨缺损原因、部位及面积等一般资料方面比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。

1.2 病例选择标准

1.2.1 纳入标准

经临床检查、影像学检查确诊为骨缺损, 且需要进行骨再生治疗;

年龄 ≥ 18 岁, ≤ 70 岁;

骨缺损面积 $1\text{--}8\text{cm}^2$;

患者能够配合完成各项影像学检查及随访;

治疗前未接受过其他影响骨再生的治疗。

1.2.2 排除标准

合并严重的心、肝、肾等重要脏器功能衰竭;

患有代谢性骨病(如骨质疏松症、甲状旁腺功能亢进等);

存在凝血功能障碍;

对影像学检查所需造影剂过敏;

妊娠期或哺乳期女性;

精神疾病患者, 无法配合治疗及检查。

1.3 方法

所有患者均接受常规的骨再生治疗, 包括清创、植骨(采用自体骨或人工骨材料)、固定等操作。

1.3.1 对照组

对照组采用传统 X 线技术进行骨再生过程评估。使用飞利浦 DigitalDiagnost CX 数字化 X 线机, 根据骨缺损部位选择合适的投照体位(正位、侧位及必要时的斜位), 管电压 $50\text{--}80\text{kV}$, 管电流 $20\text{--}100\text{mA}$, 曝光时间 $0.01\text{--}0.5\text{s}$ 。分别于治疗前、治疗后 1 个月、3 个月、6 个月进行 X 线检查, 观察骨再生过程中骨痂形成情况、骨缺损区填充程度、骨小梁连续性等。

1.3.2 实验组

实验组采用多层螺旋 CT (MSCT) 联合磁共振成像 (MRI) 技术进行评估。

MSCT 检查: 使用西门子 SOMATOM Definition Flash 64 排螺旋 CT 机, 扫描参数: 管电压 120kV , 管电流 $150\text{--}300\text{mA}$, 层厚 0.625mm , 层间距 0.625mm , 螺距 1.0。扫描范围包括骨缺损区域及周围至少 2cm 的正常骨骼组织。扫描完成后进行图像重建, 包括多平面重建 (MPR)、容积再现 (VR) 等后处理。分别于治疗前、治疗后 1 个月、3 个月、6 个月进行检查。

MRI 检查: 使用飞利浦 1.5T 磁共振成像仪, 采用体部

线圈或表面线圈。扫描序列包括 T1 加权成像 (T1WI): TR $400\text{--}600\text{ms}$, TE $10\text{--}20\text{ms}$; T2 加权成像 (T2WI): TR $2000\text{--}4000\text{ms}$, TE $80\text{--}120\text{ms}$; 短时反转恢复序列 (STIR): TR $2000\text{--}4000\text{ms}$, TE $30\text{--}60\text{ms}$, TI $150\text{--}200\text{ms}$ 。层厚 $3\text{--}5\text{mm}$, 层间距 $0.5\text{--}1\text{mm}$, 矩阵 $256 \times 256\text{--}512 \times 512$ 。同样于治疗前、治疗后 1 个月、3 个月、6 个月进行检查。

由 2 名具有 5 年以上工作经验的影像科医师分别对两组患者的影像学资料进行独立评估, 若意见不一致, 则通过讨论达成共识。

1.4 观察指标

评估结果与临床实际骨再生情况的一致性: 以临床综合评估(结合患者症状、体征、实验室检查等)作为金标准, 计算两组影像学评估结果与金标准的一致性, 采用 Kappa 检验进行分析 (Kappa 值 ≥ 0.8 表示一致性极好, $0.6\text{--}0.79$ 表示一致性较好, $0.4\text{--}0.59$ 表示一致性一般, <0.4 表示一致性较差)。

骨再生不同阶段特征显示效果: 根据骨再生过程分为早期(治疗后 1 个月内, 以肉芽组织形成、纤维骨痂形成为主)、中期(治疗后 1-3 个月, 以软骨痂形成、编织骨形成为主)、晚期(治疗后 3 个月以上, 以板层骨形成为主、骨改建)。采用 4 级评分法对各阶段特征显示效果进行评分: 0 分, 未显示; 1 分, 显示模糊, 难以辨认; 2 分, 显示较清晰, 可辨认主要特征; 3 分, 显示清晰, 能准确辨认所有特征。总分 $0\text{--}9$ 分, 得分越高表示显示效果越好。

骨再生相关参数测量准确性: 包括骨痂体积、骨缺损区新生骨密度 (MSCT 值)、新生骨与周围正常骨组织的连接情况等, 与术中所见或病理检查结果进行比较, 计算测量误差。

1.5 统计学处理

采用 SPSS22.0 统计学软件进行数据分析。

2 结果

2.1 两组评估结果与临床实际骨再生情况的一致性比较 详见表 1。

表 1 两组评估结果与临床实际骨再生情况的一致性比较

组别	例数	Kappa 值	一致性程度	P 值
对照组	25	0.62	一般	-
实验组	25	0.85	极好	<0.05

2.2 两组骨再生不同阶段特征显示效果评分比较

详见表 2。

表 2 两组骨再生不同阶段特征显示效果评分比较

($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	早期	中期	晚期
对照组	25	6.2 ± 0.9	6.8 ± 0.8	7.5 ± 0.7
实验组	25	8.6 ± 0.7	9.1 ± 0.5	9.3 ± 0.4
t 值	-	9.872	11.543	9.236
P 值	-	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 两组骨再生相关参数测量准确性比较

实验组骨痂体积测量误差为 (5.2 ± 1.3) %，骨缺损区新生骨密度测量误差为 (4.8 ± 1.1) %，均显著低于对照组的 (12.5 ± 2.1) % 和 (11.3 ± 1.8) % (t=14.325、13.267, P<0.001); 实验组新生骨与周围正常骨组织连接情况判断准确率为 96.0% (24/25)，显著高于对照组的 76.0% (19/25) ($\chi^2=4.153$, P<0.05)。

3 讨论

骨再生是一个复杂的生物学过程, 涉及细胞增殖、分化、基质合成与矿化等一系列连续的生物学事件, 准确评估骨再生过程对于判断治疗效果、调整治疗方案具有重要意义。传统的评估方法主要依靠临床症状和体征, 但主观性强, 准确性不高。医学影像技术的发展为骨再生过程的客观、准确评估提供了有力手段。

传统 X 线技术作为骨再生评估的常用方法, 具有操作简便、费用低、辐射剂量相对较小等优点, 能够显示骨痂形成、骨缺损区填充等情况^[1]。然而, X 线图像是二维投影图像, 存在组织重叠, 对早期骨再生过程中软组织成分 (如肉芽组织、纤维骨痂) 的显示效果较差, 且对骨小梁的细微结构、骨密度的定量评估准确性不高。本研究中, 对照组评估结果与临床实际情况的一致性一般 (Kappa 值 = 0.62), 各阶段特征显示效果评分较低, 这与传统 X 线技术的局限性有关。

参考文献:

- [1]陈晓雪, 余宝富, 王紫, 等.内源性骨膜引导骨再生过程中信号通路富集及 FZD 家族动态表达研究[J].组织工程与重建外科, 2024, 20 (03): 285-292.
- [2]钟思扬, 廖晴, 周星宇, 等.骨微环境对组织工程骨再生过程的影响[J].中国组织工程研究, 2024, 28 (15): 2452-2460.
- [3]徐溶蔚, 王浩, 付秋月, 等.骨再生过程中炎症因素与骨髓干细胞的双向作用[J].中国组织工程研究, 2023, 27(33): 5385-5393.
- [4]张念.颌面部骨骼干细胞起源及其在骨再生过程中的去分化作用研究[D].四川大学, 2022.DOI: 10.27342/d.cnki.gscdu.2022.001078.
- [5]刘帮燕, 金琳, 夏晴, 等.医学影像技术对骨再生过程评估的应用进展[J].医学综述, 2017, 23 (19): 3912-3917.

多层螺旋 CT (MSCT) 具有较高的空间分辨率和密度分辨率, 能够清晰显示骨的细微结构, 通过多平面重建、容积再现等后处理技术, 可以从不同角度观察骨再生情况, 准确测量骨痂体积、骨密度等参数^[2]。研究表明, MSCT 对骨矿化程度的评估与组织学检查结果具有良好的相关性。磁共振成像 (MRI) 则对软组织具有极高的分辨力, 能够早期显示骨再生过程中的肉芽组织、软骨痂等软组织成分, 通过信号变化反映组织的生物学特性, 如 T2WI 高信号提示组织水肿、血管丰富, 有利于判断骨再生的活性。

本研究中, 实验组采用 MSCT 联合 MRI 技术进行评估, 结果显示其与临床实际骨再生情况的一致性极好 (Kappa 值 = 0.85), 显著高于对照组^[3]。在骨再生不同阶段特征显示方面, 实验组各阶段评分均显著高于对照组, 尤其是在早期, MRI 能够清晰显示肉芽组织和纤维骨痂, 弥补了 X 线和 MSCT 对软组织显示不足的缺陷; 在中期和晚期, MSCT 可准确显示软骨痂的矿化、板层骨的形成及骨小梁的排列, 与 MRI 联合使用能够全面反映骨再生的形态和功能变化。此外, 实验组骨再生相关参数测量误差显著低于对照组, 进一步证明了联合技术的准确性。

然而, MSCT 和 MRI 也存在一定的局限性, 如 MSCT 辐射剂量相对较高, MRI 检查时间较长、费用较高, 且对体内有金属植入物的患者受限^[4]。因此, 在临床应用中, 应根据患者的具体情况选择合适的影像技术, 必要时进行联合检查, 以达到最佳的评估效果。

综上所述, 多层螺旋 CT 联合磁共振成像技术在骨再生过程评估中具有显著优势, 能够提高评估的准确性, 清晰显示骨再生不同阶段的特征, 为临床治疗方案的制定和调整提供可靠依据, 具有重要的应用价值^[5]。未来随着影像技术的不断发展, 如定量 CT、功能 MRI 等技术的应用, 有望进一步提高骨再生评估的精准度。