

在腕关节疾病的影像学诊断中 断层融合的有效性 ——以三角纤维软骨复合体损伤为中心——



土田 真嗣 医师

京都府立医科大学大学院医学研究科 运动器功能再生外科学 (骨科学教室)¹

京都府立医科大学 集学的身体活动赋活化法开发讲座²

京都府立医科大学大学院医学研究科 放射线诊断治疗学 (放射线医学教室)³

京都第二红十字医院 骨科⁴

土田 真嗣¹, 小田 良¹, 远山 将吾^{1,2}, 山田 惠³, 藤原 浩芳⁴

1. 前言

三角纤维软骨复合体 (triangular fibrocartilage complex:TFCC) 是腕关节尺侧韧带和纤维软骨的复合体, 在组织学上无法分离的软组织¹⁾。具体来说, 它是由桡尺关节韧带, 尺骨月骨间韧带, 尺骨三角骨间韧带, 尺侧腕伸肌腱鞘床, 以及三角纤维软骨和半月板类似物构成。纤维软骨作为关节圆盘具有缓和来自尺侧腕骨的负荷, 并向尺骨传达应力的功能。韧带起到维持前臂回内外运动时远位桡尺关节的稳定化和尺侧腕骨列的稳定性的作用。TFCC损伤是引起腕关节尺侧疼痛的代表性疾病, 但由于其复杂的形态和功能, 用图像来评价损伤部位和程度也有很多困难。因此, 根据 ulnar fovea sign 和 ulnar compression test 等局部症状和各种图像检查, 在手术前进行评价, 最终的诊断依靠腕关节镜检查这样的创伤性检查。关节造影是一种有用的辅助检查, 但由于其是对整个腕关节的投影图像, 因此在原理上很难详细识别损伤部位。另一方面, 断层融合是一种低辐射、高质量图像的数字多X射线断层融合技术, 也可用于关节造影检查后的断层摄影。通过应用断层融合, 有可能可以详细评估术前TFCC损伤。

2. 目的

通过计算TFCC损伤腕关节造影后的断层融合图像 (Tomo) 和3.0 Tesla MR图像 (3T-MRI) 的灵敏度、特异度和正确诊断率, 验证断层融合的有效性。

3. 对象和方法

研究对象为2012年1月至2017年9月在本科室

接受TFCC损伤手术的42名患者。手术时的平均年龄为35.6岁, 从自我感觉腕关节尺侧疼痛到手术的等待时间平均为5.9个月。关节造影剂使用了泛影葡胺钠和利多卡因的1:1混合溶液。穿刺采用double injection法在透视下进行, 首先插入桡骨腕关节 (RCJ), 在不漏出远位桡尺关节 (DRUJ) 的情况下, 对DRUJ注入造影剂。断层融合使用岛津制作所开发的视金识功能 (Tomosynthesis-Shimadzu Metal Artifact Reduction Technology), 摄影条件为挥角40°, 视野9英寸, 0.5 mm切片, 拍摄肢体位置为在透视床轻度前臂内置, 取得了腕关节正面图像。3T-MRI的拍摄肢体位置与Tomo的肢体位置相同, 并且取得了腕关节的冠状切面。

Tomo的TFCC损伤阳性的定义为: 造影剂从RCJ通过disc泄漏到DRUJ称为disc proper损伤; 造影剂泄漏到尺骨小窝称为小窝部损伤; 尺骨腕骨关节 (UCJ) 和midcarpal造影剂连续投影的情况称为月状三角骨韧带 (LT) 损伤; 在TFCC尺侧边缘部观察到造影剂的浸入, 且造影剂从prestyloid recess越过meniscus homologue泄漏到尺侧的情况称为为尺侧边缘损伤 (Fig.1)。

3T-MRI中TFCC损伤阳性的定义为: 在disc proper中从ulnocarpal到DRUJ的连续亮度变化称为disc proper损伤; 三角韧带小窝附着部分的亮度变化称为小窝部损伤; 月骨和三角骨之间韧带的连续性中断称为LT损伤; 从meniscus homologue到尺侧副韧带部分的连续性中断为尺侧边缘损伤。

计算出Tomo和MRI对手术中关节镜检查观察到的TFCC损伤的灵敏度, 以及在各个损伤部位的Tomo和3T-MRI灵敏度/特异度/阳性命中率和阴性命中率, 并以McNemar的值 $p < 0.05$ 作为灵敏性和特异性的显著差异进行统计学分析。

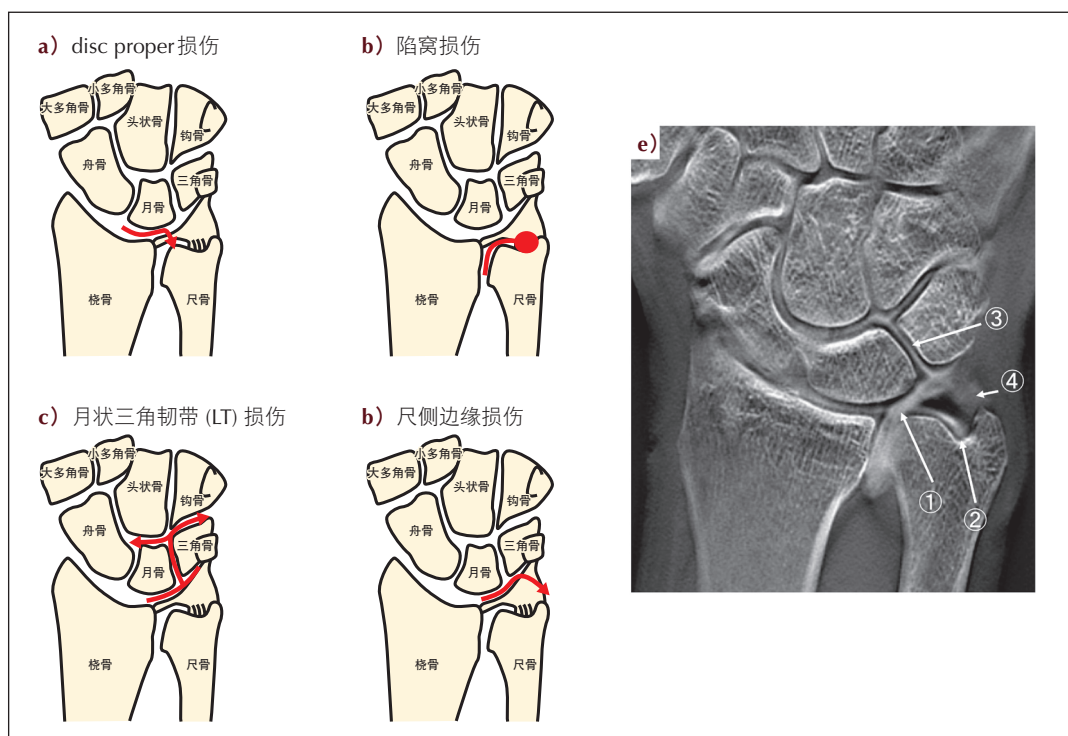


Fig.1

4. 结果

对TFCC损伤整体的Tomo和3T-MRI的灵敏度分别为97.6%和90.4% ($p=0.25$)。如果按损伤部位来比较的话,对小窝部损伤的特异度和灵敏度没有显著差异,但Tomo的灵敏度和阴性命中率为100%,3T-MRI分别为84.4%和85%,相比之下Tomo的值更高。此外,对LT损伤的特异度在Tomo中显示更高为97.4%,在3T-MRI中为56.7% ($p=0.0008$) (Table 1)。

5. 代表病例提示

25岁男性,在木工工作中自觉右手腕关节尺侧疼痛,1周后在附近医院就诊,实施了内服NSAIDs和外用剂的保存疗法。由于疼痛没有得到改善,1个月后被介绍到本科室就诊。虽然MRI和关节造影检查显示disc proper损伤和尺侧边缘损伤但影像诊断中没有发现LT损伤和小窝部损伤。而在Tomo中,除disc proper损伤和尺侧边缘损伤外,还可以诊断小窝部损伤和LT损伤。关节镜检查结果与Tomo检查结果一致 (Fig.2)。

6. 考察

作为对TFCC损伤的影像诊断,MR图像和关节

Table 1

Tomo 和 3T-MRI 对于 TFCC 损伤整体的比较			
	Tomo	3T-MRI	McNemar test
灵敏度	97.6 %	90.4 %	$p = 0.25$
特异度	—	—	
阳性命中率	— (100 %)	— (100 %)	
阴性命中率	—	—	

Tomo 和 3T-MRI 对于 disc proper 损伤的比较			
	Tomo	3T-MRI	McNemar test
灵敏度	82.4 %	78.7 %	$p = 0.48$
特异度	100 %	77.7 %	$p > 0.5$
阳性命中率	100 %	92.9 %	
阴性命中率	60 %	50 %	

Tomo 和 3T-MRI 对于小窝部损伤的比较			
	Tomo	3T-MRI	McNemar test
灵敏度	100 %	84.4 %	$p = 0.25$
特异度	87.5 %	73.9 %	$p = 0.13$
阳性命中率	86.4 %	72.7 %	
阴性命中率	100 %	85 %	

Tomo 和 3T-MRI 对于 LT 损伤的比较			
	Tomo	3T-MRI	McNemar test
灵敏度	100 %	50 %	$p = 0.25$
特异度	97.4 %	56.7 %	$p = 0.0008$
阳性命中率	85.7 %	16.7 %	
阴性命中率	100 %	87.5 %	

Tomo 和 3T-MRI 对于尺侧边缘损伤的比较			
	Tomo	3T-MRI	McNemar test
灵敏度	88.9 %	88.9 %	$p = \text{Not a Number}$
特异度	54.5 %	45.4 %	$p = 0.13$
阳性命中率	34.8 %	30.7 %	
阴性命中率	94.7 %	93.8 %	

造影图像一直被认为是有效的。3.0 Tesla MRI在临床被使用,灵敏度和特异度分别为86%和100%,诊断精度得到提高²⁾。在本研究中,对整个TFCC损伤3T-MRI的灵敏度也超过90%,与之前的报告一样,具有高精度。另一方面,关节造影是在没有MRI的1960年左右开始实施的,对TFCC损伤的灵敏度报告

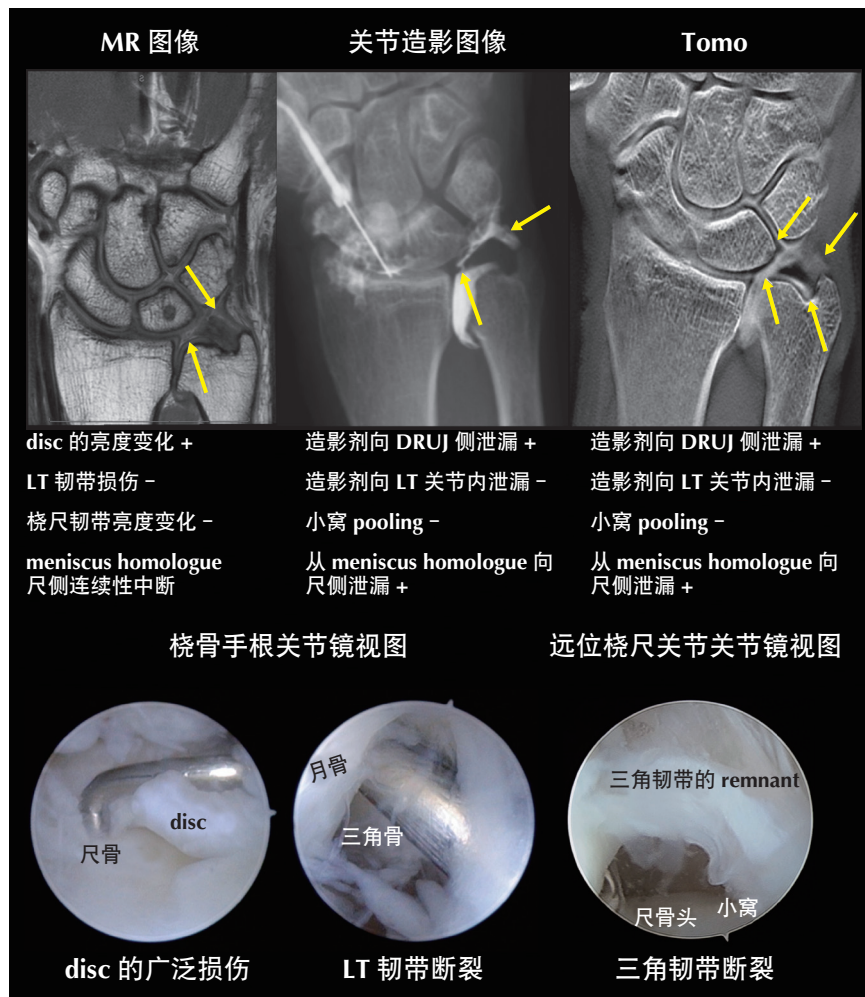


Fig.2

为 85%³⁾。在本研究中，在不使用断层融合情况下的关节造影图像中，灵敏度为 87.7%，与过去的报告相同。作为 MRI 及关节造影以外的检查，森友等人报告称使用关节造影 CT 通过以尺骨小窝为中心的 radial 摄影，取得了良好的灵敏度、特异度⁴⁾，但还残留着辐射的问题。为了得到微创且简便性高的影像诊断，有必要引入新的影像技术。断层融合与 CT 相比，辐射剂量更低，为 1/10 以下，可与关节造影检查在同一房间，同一体位进行。拍摄时间较短，平均为 5 秒，患者的负担较少。断层融合的空间分辨率与 X 射线平片相同约为 400 万像素（容积成像），相比于 CT 约为 25 万像素，理论上是 CT 的 16 倍。断层融合有可能做到更详细地显示出病变的细微特征。另外，由于伪影少，即使在使用造影剂后也可以通过断层融合进行图像分析。以上，本研究中在关节造影后通过断层融合取得的断层图像进行的 Tomo 解析予以验证。

Tomo 对 TFCC 损伤的灵敏度尽管与 3T-MRI 相比没有显著差异，但其高达 97.6%。Tomo 在 disc proper 损伤中的特异度和阳性命中率，以及在小窝

部损伤和 LT 损伤中的灵敏度和阴性命中率，均为 100%。由于 3T-MRI 均低于 100%，我们认为 Tomo 具有更高的诊断能力，可以确定 MRI 难以诊断的损伤部位。

远端桡尺韧带有助于 DRUJ 的稳定，特别是小窝部损伤可能发展成 DRUJ 不稳定症，因此为了韧带缝合或重建手术的计划制定，影像诊断很重要。在本研究中，虽然 Tomo 和 3T-MRI 之间统计学上没有显著差异（灵敏度 $p=0.25$ 特异性 $p=0.13$ ），但是 Tomo 的灵敏度和阴性命中率为 100%，我们认为其作为术前影像诊断的价值很高。此外，Tomo 对 LT 损伤的正确诊断率为 98%，显著高于 3T-MRI 的 57%。LT 是诊断并发尺骨抬高综合症的 TFCC 损伤时的重要部位，LT 损伤有可能成为尺骨缩短骨切除术后疼痛残留的原因⁵⁾。我们认为 Tomo 也可用于评价 LT，因为如果我们在手术前评估 LT 损伤，可以在考虑 LT 损伤疼痛残留的可能性的基础上制定治疗计划。

Tomo 对尺侧边缘损伤的正确诊断率为最低值仅为 62%，虽然没有显著差异，但是 3T-MRI 的正确

诊断率高达83%。有可能是构成尺侧边缘的正常的meniscus homologue和prestyloid recess或者ECU subsheath,形成了不需要修复的很小的slit损伤,以及注入造影剂后实施的腕关节的被动运动时从尺侧部泄漏出来的物质被判断为有损伤的结果,导致阳性命中率降低。我们认为,在TFCC损伤的影像诊断中,考虑损伤部位和各检查的特征,进行综合判断是非常重要的。另外在关节造影检查中,仅在disc wear中无法从RCJ泄漏到DRUJ,以及在细小的flap损伤中由于flap被遮盖使得造影剂没有泄漏,可导致20~35%的假阴性⁶⁾。即使在本研究中,对disc proper损伤的假阴性也达到17.6%,我们认为对于注入造影剂的压力和注入造影剂后至摄影为止的腕关节的被动运动还有进一步研究的余地。

总结

1. 我们比较了术前Tomo和3T-MRI对TFCC损伤的正确诊断率。

2. 对于小窝部损伤的正确诊断率, Tomo为95%, 3T-MRI为79%。此外, 对于LT损伤的正确诊断率, Tomo为98%, 3T-MRI为57%, Tomo显著高于3T-MRI。
3. 我们认为Tomo作为TFCC损伤的术前影像诊断方法是有用的。

参考文献

- 1) Nakamura T, et al. Histological anatomy of the triangular fibrocartilage complex of the human wrist. *Ann Anat* 182: 5675-72, 2000.
- 2) Magee T. Comparison of 3-T MRI and arthroscopy of intrinsic wrist ligament and TFCC tears. *AJR Am J Roentgenol* 192: 80-85, 2009.
- 3) 盐之谷 香等. 在TFCC损伤的诊断中MRI和腕关节造影的比较. *日手会* 12: 214-218, 1995.
- 4) Moritomo H, et al. Computed tomography arthrography using a radial plane view for the detection of triangular fibrocartilage complex foveal tears. *J Hand Surg Am* 40: 245-251, 2015.
- 5) Iwatsuki K, et al. Ulnar impaction syndrome: incidence of lunotriquetral ligament degeneration and outcome of ulnar-shortening osteotomy. *J Hand Surg Am* 39: 1108-1113, 2014.
- 6) Smith TO, et al. The diagnostic accuracy of X-ray arthrography for triangular fibrocartilaginous complex injury: a systematic review and meta-analysis. *J Hand Surg Eur* 37, 879-887, 2012.