

3. 0T MR T2 mapping and T1ρ in distinguishing patients with knee osteoarthritis from healthy individuals: Meta-analysis

ZHANG Kun^{1,2}, ZHU Kejian^{2,3*}, LI Ping¹, SHEN Hongrong¹,
HE Yewen¹, GAO Hui¹, LI Jianyu¹, SHEN Zhihao¹,
ZHONG Zeya¹, ZHU Lu⁴, FAN Yang⁵

[1. Department of Radiology, First Affiliated Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410007, China; 2. College of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China; 3. Department of Internal Medicine, the Affiliated Hospital of Hunan Academy of Traditional Chinese Medicine, Changsha 410006, China; 4. Department of Ultrasonography, Hunan Provincial People's Hospital, First Affiliated Hospital of Hunan Normal University, Changsha 410005, China; 5. GE Healthcare (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201203, China]

[Abstract] **Objective** To explore the discriminative validity of 3.0T MR T2 mapping and T1ρ in knee osteoarthritis (KOA) with Meta-analysis. **Methods** Case-control studies evaluating articular cartilage in patients with KOA (KOA group) and normal controls (control group) using MR T2 mapping and/or T1ρ before July 31, 2018, in CNKI, VIP, Wanfang, PubMed, EMBASE and Cochrane Library databases were searched. The difference of weight mean difference (WMD) value with their 95%CI between KOA group and control group, as well as between severe and mild KOA patients were analyzed with Stata 14.0 software. **Results** A total of 15 articles (420 KOA patients and 450 healthy controls) were involved. T2 value of articular cartilage in KOA group (WMD=4.06, 95%CI [2.73, 5.39]), patients with mild KOA (WMD=2.35, 95%CI [1.15, 3.55]), severe KOA (WMD=8.07, 95%CI [4.03, 12.12]) and unscaled KOA (WMD=1.58, 95%CI [0.51, 2.66]) were higher than that in control group, respectively (all $P<0.01$), of articular cartilage in severe KOA patient was higher than that in mild KOA patient (WMD=4.66, 95%CI [1.86, 7.46], $P<0.01$). T1ρ value of articular cartilage in KOA group (WMD=5.41, 95%CI [3.59, 7.22]), patients with mild KOA (WMD=4.25, 95%CI [2.32, 6.18]), severe KOA (WMD=8.44, 95%CI [6.24, 10.64]) and unscaled KOA (WMD=3.51, 95%CI [1.23, 5.79]) were higher than that in control group, respectively (all $P<0.01$), while of articular cartilage in severe KOA patient was higher than that in mild KOA patient (WMD=6.33, 95%CI [2.02, 10.64], $P<0.01$). **Conclusion** 3.0T MR T2 mapping and T1ρ can be used to distinguish patients with KOA from healthy individuals and identify mild and severe knee osteoarthritis.

[Keywords] osteoarthritis; cartilage; magnetic resonance imaging; meta-analysis

DOI:10.13929/j.1672-8475.201809005

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金(81603482)、湖南省自然科学基金(2016JJ6115)、中国博士后科学基金面上项目(2017M622586)、湖南中医药大学重点学科建设项目。

[第一作者] 张堃(1987—),男,甘肃金昌人,博士,副主任医师、副教授。研究方向:医学影像在中西医结合临床研究中的价值和影像引导下的介入治疗。E-mail: kunzhang0102@163.com

[通信作者] 朱克俭,湖南中医药大学中西医结合学院,410208;湖南省中医药研究院附属医院内科,410006。E-mail: 0731zkjo@263.net

[收稿日期] 2018-09-03 **[修回日期]** 2018-12-27

3.0T MR T2 mapping 及 T1 ρ 区分膝骨关节炎患者与健康人:Meta 分析

张 堃^{1,2}, 朱克俭^{2,3*}, 李 平¹, 沈宏荣¹, 何业文¹, 高 辉¹,
黎建宇¹, 沈智豪¹, 钟泽亚¹, 朱 璐⁴, 范 阳⁵

[1. 湖南中医药大学第一附属医院放射科, 湖南 长沙 410007; 2. 湖南中医药大学中西医结合学院, 湖南 长沙 410208; 3. 湖南省中医药研究院附属医院内科, 湖南 长沙 410006; 4. 湖南省人民医院 湖南师范大学附属第一医院超声科, 湖南 长沙 410005; 5. 通用电气医疗系统贸易发展(上海)有限公司, 上海 201203]

[摘要] **目的** 采用 Meta 分析评价 3.0T MR T2 mapping 及 T1 ρ 区分膝骨关节炎(KOA)患者与健康人的价值。**方法** 检索中国知网、维普、万方数据库及 PubMed、EMBASE、Cochrane Library 数据库中采用 3.0T MR T2 mapping 和/或 T1 ρ 区分 KOA 患者(KOA 组)与健康人(对照组)的临床对照研究,检索时间截至 2018 年 7 月 31 日。采用 Stata 14.0 软件分析 KOA 组与对照组、重度 KOA 与轻度 KOA 患者权重均数差值(WMD)及其 95%CI。**结果** 纳入文献 15 篇,KOA 组 420 例、对照组 450 名。KOA 组总体[WMD=4.06, 95%CI(2.73, 5.39)]、轻度 KOA[WMD=2.35, 95%CI(1.15, 3.55)]、重度 KOA[WMD=8.07, 95%CI(4.03, 12.12)]及未分度 KOA 患者[WMD=1.58, 95%CI(0.51, 2.66)]关节软骨 T2 值均高于对照组(P 均 <0.01),重度 KOA 高于轻度 KOA[WMD=4.66, 95%CI(1.86, 7.46), $P<0.01$]。KOA 组总体[WMD=5.41, 95%CI(3.59, 7.22)]、轻度 KOA [WMD=4.25, 95%CI(2.32, 6.18)]、重度 KOA [WMD=8.44, 95%CI(6.24, 10.64)]及未分度 KOA 患者[WMD=3.51, 95%CI(1.23, 5.79)]关节软骨 T1 ρ 值均高于对照组(P 均 <0.01),且重度 KOA 高于轻度 KOA 患者[WMD=6.33, 95%CI(2.02, 10.64), $P<0.01$]。**结论** 利用 3.0T MR T2 mapping 及 T1 ρ 成像可区分 KOA 患者与健康人,鉴别轻度与重度 KOA。

[关键词] 骨关节炎;软骨;磁共振成像;综合分析

[中图分类号] R684.3; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8475(2019)02-0101-06

骨关节炎(osteoarthritis, OA)又称退行性骨关节病,好发于膝关节和髋关节^[1],关节软骨退变是其发生、发展的核心环节。利用 T2 mapping 及 T1 ρ 可无创、动态、准确地定量评估关节软骨损伤程度^[2]。有关 MR T2 mapping、T1 ρ 区分膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)患者与健康人群能力的研究结果各异。本研究采用 Meta 分析方法对 3.0T MR T2 mapping 及 T1 ρ 区分 KOA 与健康人的价值进行系统评价。

1 资料与方法

1.1 文献检索 中文文献检索中国知网、维普、万方数据库,英文文献检索 PubMed、EMBASE、Cochrane Library 数据库,时间均为自建库至 2018 年 7 月 31 日。中文检索词为“软骨”“膝”“T2 mapping”“T2 relaxation time”“T1 ρ ”“T1rho”“Kellgren-Lawrence”及“骨关节炎”;英文检索词为“cartilage”“knee”“T2 mapping”“T2 relaxation time”“T1 ρ ”“T1rho”“Kellgren-Lawrence”及“osteoarthritis”。采用

主题词+自由词的检索方式,依据不同数据库调整检索策略,同时追溯纳入文献的参考文献。

1.2 纳入及排除标准 纳入标准:①采用 3.0T MR 仪以 MR T2 mapping 或 T1 ρ 评价膝关节软骨;②有关 KOA 患者(KOA 组)与健康人(对照组)的临床对照研究;③采用 Kellgren-Lawrence(KL)分级标准判定 KOA 及健康人^[3]。排除标准:①综述类文献;②数据无法提取、重复文献;③语言非中文或英文文献。

1.3 数据提取 由 2 名医师独立筛选文献、提取资料并交叉核对,有分歧时经讨论达成一致。提取的基本信息包括第一作者、发表年、样本量及受试者基本特征(年龄、性别、KL 分级;KL 分级 1、2 级为轻度 KOA, 3、4 级为重度 KOA,未分级者记为未分级 KOA);影像学信息包括成像技术、膝关节软骨 T2 和/或 T1 ρ 值。

1.4 文献质量评价 由 2 名医师采用 Newcastle-Ottawa Scale (NOS)量表评价文献质量,该量表从人群选择、组间可比性、暴露方面进行评价,质量由低至

高分别对应 0~9 分,如有分歧则协商决定最终结果。NOS 评分 ≥ 5 分为高质量研究^[4]。

1.5 统计学分析 采用 Stata 14.0 统计分析软件,最终结果以权重均数差 (weight mean difference, WMD) 及其 95%CI 表示。如研究包含膝关节不同亚区,则将所有亚区的 T2 值和/或 T1 ρ 值数据分别进行合并后作为整体纳入分析^[5]。通过 I^2 和 Q 检验进行异质性分析, $I^2 < 50\%$ 且 $P \geq 0.1$ 为不存在异质性,采用固定效应模型,否则采用随机效应模型。针对不同 KL 分级患者(轻、重度 KOA)进行分析。采用 Egger 检验评价发表偏倚, $P > 0.1$ 时认为不存在发表偏倚。采用剪补法、逐篇剔除文献法进行敏感性分析^[6]。

2 结果

2.1 文献检索及数据提取 初步检索到文献 261 篇,依据纳入及排除标准筛选后最终纳入 15 篇文献^[7-21](图 1),其基本特征和质量评分见表 1。15 篇文献中,总样本量为 860 人,其中 KOA 组 420 例、对照组 450 名;13 篇^[7-19]涉及 T2 mapping 技术、9 篇^[9-10,12-13,15-16,19-21]涉及 T1 ρ 技术,9 篇^[8-9,12-14,16-18,20]包含轻度 KOA 患者,5 篇^[9,16-19]包含重度 KOA 患者,6 篇^[7,10-11,15-16,21]包含未分度 KOA 患者;NOS 得分 5~8 分。

2.2 Meta 分析结果 T2 mapping 及 T1 ρ 区分 KOA 患者及健康人能力的汇总结果见表 2。采用随机效应模型进行分析。KOA 组 T2 及 T1 ρ 值均高于对照组

表 1 15 篇纳入文献基本特征及质量评价

第一作者	发表年	研究对象				年龄(岁)			
		轻度 KOA (例)	重度 KOA (例)	未分度 KOA (例)	对照组 (名)	轻度 KOA	重度 KOA	未分度 KOA	对照组
Eckstein F ^[7]	2011	—	—	77	75	—	—	58.3 $\pm$ 8.3	55.0 $\pm$ 8.6
Hada S ^[8]	2014	50	—	—	19	57.0 $\pm$ 15.1	—	—	25.0 $\pm$ 2.4
Mosher TJ ^{[9]*}	2011	16	16	—	18	51.0	57.0	—	27.0
Souza RB ^[10]	2014	—	—	44	93	—	—	57.4 $\pm$ 1.5	49.5 $\pm$ 1.0
Stahl R ^[11]	2007	—	—	8	10	—	—	55.7 $\pm$ 7.3	57.6 $\pm$ 6.2
Stahl R ^[12]	2009	17	—	—	20	54.0 $\pm$ 10.0	—	—	33.7 $\pm$ 9.4
Wang L ^{[13]*}	2014	10	—	—	10	65.0	—	—	35.6
Wirth W ^[14]	2016	32	—	—	89	60.2 $\pm$ 10.0	—	—	55.0 $\pm$ 7.5
Wyatt C ^[15]	2015	—	—	12	7	—	—	58.5 $\pm$ 8.8	50.1 $\pm$ 9.5
Li X ^{[16]*}	2007	5	5	10	10	—	—	55.9	41.0
Yao W ^[17]	2009	20	20	—	11	48.0 $\pm$ 15.7	55.3 $\pm$ 9.4	—	39.1 $\pm$ 9.1
Zuo H ^[18]	2014	16	14	—	40	47.8 $\pm$ 11.2	61.0 $\pm$ 7.3	—	27.6 $\pm$ 11.5
冬冬 ^{[19]*}	2016	—	17	—	19	—	49.0	—	47.0
Matsubara H ^[20]	2015	22	—	—	19	57.0 $\pm$ 14.1	—	—	39.0 $\pm$ 7.2
Li X ^{[21]*}	2005	—	—	9	10	—	—	52.0	30.0

第一作者	男/女(例/名)				成像技术	NOS 评分
	轻度 KOA	重度 KOA	未分度 KOA	对照组		
Eckstein F ^[7]	—	—	0/77	0/75	T2 mapping	7
Hada S ^[8]	23/27	—	—	12/7	T2 mapping	6
Mosher TJ ^{[9]*}	9/7	4/12	—	6/12	T2 mapping, T1 ρ	7
Souza RB ^[10]	—	—	17/27	39/54	T2 mapping, T1 ρ	8
Stahl R ^[11]	—	—	0/8	0/10	T2 mapping	8
Stahl R ^[12]	8/9	—	—	10/10	T2 mapping, T1 ρ	7
Wang L ^{[13]*}	8/2	—	—	6/4	T2 mapping, T1 ρ	6
Wirth W ^[14]	14/18	—	—	36/53	T2 mapping	8
Wyatt C ^[15]	—	—	7/5	2/5	T2 mapping, T1 ρ	8
Li X ^{[16]*}	—	—	7/3	6/4	T2 mapping, T1 ρ	5
Yao W ^[17]	7/13	8/12	—	8/3	T2 mapping	6
Zuo H ^[18]	5/11	3/11	—	28/12	T2 mapping	6
冬冬 ^{[19]*}	—	7/10	—	8/11	T2 mapping, T1 ρ	7
Matsubara H ^[20]	15/7	—	—	19/0	T1 ρ	7
Li X ^{[21]*}	—	—	5/4	6/4	T1 ρ	6

注: * :未提供年龄标准差数据

表 2 T2 mapping 及 T1 ρ 对 KOA 区分能力的汇总

项目	序列	文献量(篇)	模型选择			合并结果		
			I ²	P 值	类型	变化方向 (前者 vs 后者)	WMD(95%CI)	P 值
KOA 组 vs 对照组	T2 mapping	13 ^[7-19]	95.0%	<0.01	随机效应	升高	4.06(2.73, 5.39)	<0.01
	T1 ρ	9 ^[9-10, 12-13, 15-16, 19-21]	97.5%	<0.01	随机效应	升高	5.41(3.59, 7.22)	<0.01
轻度 KOA 患者 vs 对照组	T2 mapping	8 ^[8-9, 12-14, 16-18]	69.8%	<0.01	随机效应	升高	2.35(1.15, 3.55)	<0.01
	T1 ρ	5 ^[9, 12-13, 16, 20]	89.1%	<0.01	随机效应	升高	4.25(2.32, 6.18)	<0.01
重度 KOA 患者 vs 对照组	T2 mapping	5 ^[9, 16-19]	96.8%	<0.01	随机效应	升高	8.07(4.03, 12.12)	<0.01
	T1 ρ	3 ^[9, 16, 19]	85.0%	<0.01	随机效应	升高	8.44(6.24, 10.64)	<0.01
未分度 KOA 患者 vs 对照组	T2 mapping	5 ^[7, 10, 11, 15, 16]	77.6%	<0.01	随机效应	升高	1.58(0.51, 2.66)	<0.01
	T1 ρ	4 ^[10, 15, 16, 21]	89.8%	<0.01	随机效应	升高	3.51(1.23, 5.79)	<0.01
重度 KOA 患者 vs 轻度 KOA 患者	T2 mapping	4 ^[9, 16-18]	80.0%	<0.01	随机效应	升高	4.66(1.86, 7.46)	<0.01
	T1 ρ	2 ^[9, 16]	89.6%	<0.01	随机效应	升高	6.33(2.02, 10.64)	<0.01

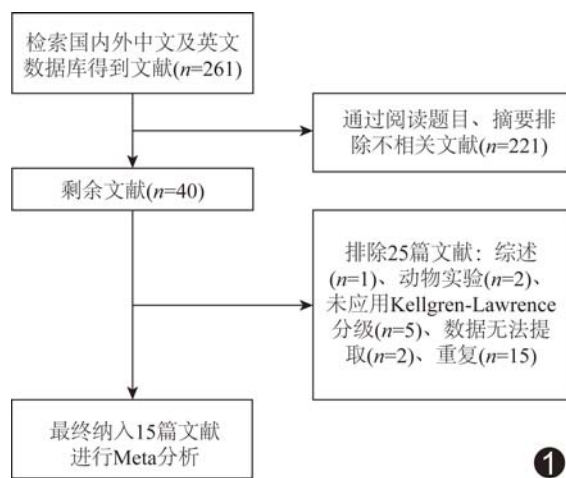


图 1 文献筛选流程图

(P 均 <0.01), 重度 KOA 患者 T2 及 T1 ρ 值均高于轻度 KOA 患者(P 均 <0.01)。

对 T2 值的分析结果显示, KOA 组与对照组间异质性 $I^2 = 95.0\%$, 轻度 KOA 与对照组、重度 KOA 与对照组、未分度 KOA 与对照组、重度 KOA 与轻度 KOA 患者间 I^2 分别为 69.8% 、 96.8% 、 77.6% 及 80.0% 。分析 T1 ρ 值, KOA 组与对照组间异质性 $I^2 = 97.5\%$, 轻度 KOA 与对照组、重度 KOA 与对照组、未分度 KOA 与对照组、重度 KOA 与轻度 KOA 患者间 I^2 分别为 89.1% 、 85.0% 、 89.8% 及 89.6% 。

2.3 发表偏倚 13 篇^[7-19] 涉及 T2 mapping 的文献(18 条病例对照数据)存在发表偏倚($P < 0.05$), 采用剪补法对其进行分析, 迭代结果显示无增补研究纳入。9 篇^[9-10, 12-13, 15-16, 19-21] 涉及 T1 ρ 的文献(12 条病例对照数据)不存在发表偏倚($P > 0.1$)。

3 讨论

关节软骨退行性变化在微观上表现为胶原纤维结构破坏、蛋白多糖丢失及软骨内自由水含量增加^[1]。相对于低场强设备, 3.0T MR 关节软骨成像图像质量较高^[22]。MR T2 mapping 技术通过定量软骨横向弛豫时间(T2 值)来反映软骨中水含量^[2], 而 T1 ρ 值与软骨中蛋白多糖含量呈负相关^[23], 二者均可无创、准确评估软骨早期退变。相比延迟钆增强 MR 软骨成像(delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage, dGEMRIC)、钠成像等软骨 MR 功能成像技术, T2 mapping 和 T1 ρ 技术可操作性更强, 应用范围更广^[2, 24]。

本研究纳入 15 项以 T2 mapping 和/或 T1 ρ 技术区分 KOA 与健康人的对照研究(KOA 组 420 例、对照组 450 名), 结果提示 T2 mapping、T1 ρ 技术均可用于区分 KOA 与健康人。本研究中, KOA 组关节软骨 T2、T1 ρ 值均高于对照组(P 均 <0.01), 轻度 KOA、重度 KOA、未分度 KOA 患者关节软骨 T2 值、T1 ρ 值亦均高于对照组(P 均 <0.01), 与关节软骨退变过程中软骨内水含量增加、蛋白多糖含量减少的现象相符, 与 MacKay 等^[25]的研究结果一致。本研究结果显示, 重度 KOA 患者关节软骨 T2 值、T1 ρ 值均高于轻度 KOA 患者(P 均 <0.01), 提示 T2 mapping 和 T1 ρ 技术均可有效鉴别轻度与重度 KOA。

本研究 KOA 组与对照组、重度 KOA 与轻度 KOA 患者间 T1 ρ 值比较的 WMD 值均大于组间 T2 值比较的 WMD 值, 提示 T1 ρ 较 T2 mapping 可更敏感地检测关节软骨退变, 恰好验证了关节软骨退变的病理生理过程, 即软骨内蛋白多糖含量减少是退变软骨的早期变化, 此阶段软骨内胶原纤维总量尚未变化,

软骨失去了对负荷进行有效分配和传导的功能;随着退变进展,胶原纤维网架受损,对水分子的锁定能力下降,软骨内自由水含量上升^[2,26]。

膝关节软骨的 T2 及 T1 ρ 值存在空间变异,且关节软骨退变在空间上不同步^[8,14-15]。本研究将膝关节不同亚区的数据进行合并后作为整体纳入分析,相当于对可能存在的差异进行了平均化,相较于 MacKay 等^[25]直接比较不同膝关节亚区的方法更难发现差异,但如发现差异则结果可靠性更高。

本研究纳入文献的异质性较高,依据 KL 分级对 KOA 进行亚组分析时的异质性多数低于进行总体分析时的异质性,仅对 T2 值进行分析时发现重度 KOA 患者与对照组间的异质性($I^2=96.8\%$)接近总体分析时($I^2=95.0\%$),提示 KOA 严重程度可能是异质性来源。

本研究的局限性:①未纳入 T2 mapping 及 T1 ρ 用于评估 KOA 诊断效能或治疗反应的文献;②部分文献中 KOA 组和对照组受试者年龄可能不均衡,影响最终结果。

[参考文献]

- [1] 张堃,朱克俭,谭旭仪,等. MR T2 mapping 成像评估止痛健骨方治疗膝骨性关节炎关节软骨损伤疗效的实验研究. 中国介入影像与治疗学, 2017, 14(11): 694-698.
- [2] Binks DA, Hodgson RJ, Ries ME, et al. Quantitative parametric MRI of articular cartilage: A review of progress and open challenges. Br J Radiol, 2013, 86(1023): 20120163.
- [3] Dunn TC, Lu Y, Jin H, et al. T2 relaxation time of cartilage at MR imaging: Comparison with severity of knee osteoarthritis. Radiology, 2004, 232(2): 592-598.
- [4] Aziz O, Constantinides V, Tekkis PP, et al. Laparoscopic versus open surgery for rectal cancer: A meta-analysis. Ann Surg Oncol, 2006, 13(3): 413-424.
- [5] 曹寅,黄晶,邹燕珂,等. 三维斑点追踪成像左心室应变指标正常参考范围的 Meta 分析. 中国介入影像与治疗学, 2017, 14(7): 416-421.
- [6] 张天嵩,钟文昭,李博. 实用循证医学方法学. 2 版. 长沙: 中南大学出版社, 2014: 257-271.
- [7] Eckstein F, Le Graverand MP, Charles HC, et al. Clinical, radiographic, molecular and MRI-based predictors of cartilage loss in knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis, 2011, 70(7): 1223-1230.
- [8] Hada S, Kaneko H, Sadatsuki R, et al. The degeneration and destruction of femoral articular cartilage shows a greater degree of deterioration than that of the tibial and patellar articular cartilage in early stage knee osteoarthritis: A cross-sectional study. Osteoarthritis Cartilage, 2014, 22(10): 1583-1589.
- [9] Mosher TJ, Zhang Z, Reddy R, et al. Knee articular cartilage damage in osteoarthritis: Analysis of MR image biomarker reproducibility in ACRIN-PA 4001 multicenter trial. Radiology, 2011, 258(3): 832-842.
- [10] Souza RB, Kumar D, Calixto N, et al. Response of knee cartilage T1rho and T2 relaxation times to in vivo mechanical loading in individuals with and without knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage, 2014, 22(10): 1367-1376.
- [11] Stahl R, Blumenkrantz G, Carballido-Gamio J, et al. MRI-derived T2 relaxation times and cartilage morphometry of the tibio-femoral joint in subjects with and without osteoarthritis during a 1-year follow-up. Osteoarthritis Cartilage, 2007, 15(11): 1225-1234.
- [12] Stahl R, Luke A, Li X, et al. T1rho, T2 and focal knee cartilage abnormalities in physically active and sedentary healthy subjects versus early OA patients—a 3.0-Tesla MRI study. Eur Radiol, 2009, 19(1): 132-143.
- [13] Wang L, Regatte RR. Quantitative mapping of human cartilage at 3.0T: Parallel changes in T(2), T(1)rho, and dGEMRIC. Acad Radiol, 2014, 21(4): 463-471.
- [14] Wirth W, Maschek S, Roemer FW, et al. Layer-specific femorotibial cartilage T2 relaxation time in knees with and without early knee osteoarthritis: Data from the Osteoarthritis Initiative (OAI). Sci Rep, 2016, 6: 34202.
- [15] Wyatt C, Guha A, Venkatachari A, et al. Improved differentiation between knees with cartilage lesions and controls using 7T relaxation time mapping. J Orthop Translat, 2015, 3(4): 197-204.
- [16] Li X, Benjamin MC, Link TM, et al. In vivo T(1rho) and T(2) mapping of articular cartilage in osteoarthritis of the knee using 3 T MRI. Osteoarthritis Cartilage, 2007, 15(7): 789-797.
- [17] Yao W, Qu N, Lu Z, et al. The application of T1 and T2 relaxation time and magnetization transfer ratios to the early diagnosis of patellar cartilage osteoarthritis. Skeletal Radiol, 2009, 38(11): 1055-1062.
- [18] Zuo H, Yao W, Qu N, et al. Quantitative evaluation in combination with nonquantitative evaluation in early patellar cartilage osteoarthritis at 3.0 T. Clin Interv Aging, 2014, 9: 1133-1143.
- [19] 冬冬. 膝骨关节炎 MRI 半定量评估及软骨 T2 mapping, T1 ρ 定量成像的应用研究. 吉林: 吉林大学, 2016: 30-35.
- [20] Matsubara H, Okazaki K, Takayama Y, et al. Detection of early cartilage deterioration associated with meniscal tear using T1rho mapping magnetic resonance imaging. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16(1): 22.
- [21] Li X, Han ET, Ma CB, et al. In vivo 3T spiral imaging based multi-slice T(1rho) mapping of knee cartilage in osteoarthritis. Magn Reson Med, 2005, 54(4): 929-936.
- [22] Boesen M, Ellegaard K, Henriksen M, et al. Osteoarthritis year in review 2016: Imaging. Osteoarthritis Cartilage, 2017, 25(2): 216-226.

- [23] Tsushima H, Okazaki K, Takayama Y, et al. Evaluation of cartilage degradation in arthritis using T1rho magnetic resonance imaging mapping. *Rheumatol Int*, 2012, 32(9):2867-2875.
- [24] Roemer FW, Crema MD, Trattinig S, et al. Advances in imaging of osteoarthritis and cartilage. *Radiology*, 2011, 260(2):332-354.
- [25] MacKay JW, Low S, Smith TO, et al. Systematic review and meta-analysis of the reliability and discriminative validity of cartilage compositional MRI in knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 2018, 26(9):1140-1152.
- [26] 李智慧, 陆勇. MR T1 ρ 成像技术在关节软骨中的研究进展. *国际医学放射学杂志*, 2012, 35(6):557-561.

《中国介入影像与治疗学》投稿要求(三)

15 计量单位 采用国际单位制并严格执行国家标准 GB 3100~3201《量和单位》的规定,使用法定计量单位,不再使用 N(当量浓度)、M(克分子浓度)、百分比浓度[% (V/V)、% (m/m)]等已废除的非标准计量单位和符号。

16 统计学符号 以国家标准 GB/T 3358.1-1993《统计学名词及符号》为准,样本算术平均数用英文小写斜体 $\bar{x}$;标准差用英文小写斜体 s ; t 检验用英文小写 t ; F 检验用英文大写 F ;卡方检验用希腊斜体 χ^2 ;相关系数用英文小写斜体 r ;自由度用希腊斜体 γ ;概率用英文大写斜体 P ;样本数用英文小写斜体 n 。

17 统计学方法 需注明使用的统计学软件名称和版本,以及所使用的统计学方法。率的计算保留小数点后两位,年龄需要提供 $\bar{x}$ 或者中位年龄,保留小数点后一位。

18 图片 研究论著类论文和短篇报道均需附有相应患者的影像学资料,图片分辨率应在 300 dpi 以上, JPG/JPEG 格式,有良好的清晰度和对比度,最好是医院图像工作站中直接提取的图像。每图下面应标有图序号、图题、图说(解释图片内容的文字),文中应有图位。图中箭示或文字应有说明,病理图应注明染色方法及放大倍数。

19 表格 本刊采用三线表,表格列于文后,每表应标有表序号、表题,文中应有表位。

20 参考文献 严格按照国家标准 GB 7714-2015《文后参考文献著录规则》中规定,采用“顺序编码制”。仅限于作者直接阅读的近 5 年的文献,尽量不用二次文献,无特殊需要不必罗列众所周知的教科书或某些陈旧史料,提倡引用国内外同行新近发表的研究论文为参考文献,引用论点必须准确无误,不能断章取义。除短篇报道外,论文参考文献应至少来源于 5 种以上的期刊,研究论著类论文参考文献不少于 13 条,综述类论文参考文献应在 20 条以上,以反映论文的科学依据,以及对前人科学工作的继承性。参考文献的编排应按每条文献在文中出现的先后顺序逐条列于文后,并在文内引用处用右上角加方括号注明角码。参考文献书写格式如下:

- [1] Lopera JE, Trimmer CK, Lamba R, et al. MDCT angiography of mesenteric bypass surgery for the treatment of chronic mesenteric ischemia. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(5):1439-1445.
- [2] 李雷,王文辉,邹英华,等. 症状性下肢动脉疾病与肾动脉狭窄的相关性. *中国介入影像与治疗学*, 2013, 10(6):325-328.