

论 著

3.0T MRI T2Mapping序列对0~5岁正常儿童髋关节软骨评估的探索性分析*

高 凯* 孙惠苗 武艳君

杨 洁 李佳雯 贾丽峰

杨 宏 温家祥

山西省儿童医院(山西省妇幼保健院)

磁共振室(山西太原 030001)

【摘要】目的 利用3.0T MRI T2Mapping序列对0~5岁正常儿童髋关节软骨行磁共振扫描并量化分析,探究不同阶段髋关节软骨T2值变化规律,初步建立0~5岁正常儿童髋关节软骨T2值的参考范围。方法 收集0~5岁发育正常儿童196名,其中男92名,女104名。根据年龄分成5组,分别对所有儿童行髋关节常规序列、T2-mapping序列扫描,在髋臼软骨及与其对应的股骨头软骨划分上、前、后三个区域,共6个亚区,测量其T2值。观察分析组间及组内不同亚区T2值的差异并计算其正常值范围,分析相关因素。结果 0~5岁正常儿童髋关节软骨,不同性别各亚区间T2值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。左、右两侧对应亚区T2值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。不同髋关节亚区各年龄组T2值比较,年龄组间T2值差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。结论 3.0T MRI T2 mapping序列能定量分析儿童髋关节软骨T2值,0~5岁正常儿童髋关节软骨各亚区软骨T2值与年龄相关,与性别和左右无关。

【关键词】T2mapping序列; 髋关节; 软骨;
0~5岁正常儿童; T2值

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】山西省儿童医院、山西省妇幼保健院
院内科研基金项目(2021065)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.08.053

Exploratory Analysis of 3.0T MRI T2Mapping Sequence in The Assessment of Hip Cartilage in Normal Children Aged 0-5 Years*

GAO Kai*, SUN Hui-miao, WU Yan-jun, YANG Jie, LI Jia-wen, JIA Li-feng, YANG Hong, WEN Jia-xiang. Magnetic Resonance Room, Shanxi Children's Hospital (Shanxi Maternal and Child Health Hospital), Taiyuan 030001, Shanxi Province, China

ABSTRACT

Objective Using 3.0T MRI T2Mapping sequence to conduct MRI scan and quantitative analysis of hip articular cartilage in normal children aged 0-5 years, to explore the changing law of T2 value of hip articular cartilage at different stages under 5 years old and the analysis of related factors, and to preliminarily establish a 0-5 year old child. Reference ranges for T2 values of hip cartilage in normal children. **Methods** 196 children with normal development were collected, including 92 males and 104 females. They were divided into 5 groups according to their age. Routine hip joint sequence and T2-mapping sequence scans were performed on all children, respectively, and the T2 values were measured in the upper, anterior and posterior regions of the acetabular cartilage and its corresponding femoral head cartilage, totaling 6 subregions. The differences of T2 values between groups and in different sub-regions within the groups were observed and analyzed, and the normal value range was calculated, and the related factors were analyzed. **Results** There was no significant difference in the T2 value of the hip articular cartilage in normal children aged 0-5 years between different genders and sub-intervals (all $P>0.05$). There was no significant difference in the T2 values of the corresponding subregions on the left and right sides (both $P>0.05$). The T2 values of different hip subregions and age groups were compared, and there were significant differences in T2 values between age groups (all $P<0.05$). **Conclusion** 3.0T MRI T2 mapping sequence can quantitatively analyze the T2 value of children's hip articular cartilage. The cartilage T2 value of each subregion of hip articular cartilage in normal children aged 0-5 is related to age, but not to gender and left and right.

Keywords: T2mapping Sequence; Hip Joint; Cartilage; Normal Children Aged 0-5; T2 Value

发育性髋关节发育不良(DDH)是一种致残率较高的小儿骨科系统常见畸形,患儿由于髋臼前壁、后壁、顶壁程度不一的先天性发育异常^[1],髋臼和股骨头承受力不均,髋关节承重区关节软骨承受的压力较正常者增加10-15倍,因此患儿早期即可发生关节软骨损伤^[2]。传统MRI可以显示关节软骨的形态及信号变化,既往有研究^[3-5]通过测量髋臼松弛角、髋臼覆盖角、软骨性髋臼指数(CAI)、软骨性前倾角(CAAV)及软骨性头臼覆盖率(L-CAHI)等参数量化评估软骨形态学变化,但信号变化缺乏量化标准。T2 mapping序列^[6-7]通过描述软骨组织横向磁化矢量衰减来反映软骨成分和结构的特异性^[8-10],可测量软骨T2值,量化评价软骨信号变化,从而无创、动态、准确地定量评估关节软骨损伤程度。本研究采用T2 mapping序列定量分析髋关节软骨T2值,探究0~5岁正常儿童髋关节软骨发育的变化规律,为提早发现发育性髋关节发育不良软骨损伤提供理论基础。

1 资料与方法

1.1 一般资料 分析我院2019年7月至2022年6月期间在我院行髋关节磁共振扫描0~5岁儿童。

纳入标准:身高体重发育正常(同性别同年龄标准值中位数 $\pm 1SD$ 之间),经临床、MR检查及其它影像学检查排除髋关节病变纳入研究,排除运动发育落后、无髋关节畸形外伤、手术及感染史。最后符合标准,纳入研究的病例共196例,共392侧髋,男性92例,女性104例,年龄0岁~5岁,中位年龄29个月。平均 (2.62 ± 1.36) 岁。本研究遵循了机构伦理委员会的批准,编号2021065。

1.2 检查方法 采用GE Discovery MR750W 3.0T磁共振扫描仪,16通道3.0T GEM ANTERIOR ARRAY 体部线圈进行扫描。检查前准备:去除受检者身上的金属异物,去除尿不湿,尽量排空膀胱尿液减小伪影。对不能配合的婴幼儿给予5%水合氯醛(1ml/kg)灌肠镇静。检查体位:下肢自然伸直,双足尖并拢,用绑带固定减小运动伪影,双侧对称扫描,保持主磁场中心、线圈中心及扫描中心一致。检查序列:首先行髋关节常规扫描(冠状位PDWI、T₂SPAIR、横轴位T₁WI、横轴位PDWI、横轴位T₂SPAIR),观测髋关节信号及形态,排除髋关节异常患儿;随后行横轴位T2-mapping、冠状位T2-mapping扫描,扫描参数:T2-mapping序列:TR=850 ms, TE=7.9~63 ms, Number of TE(s)per Scan=8, ES=7.9ms, Slice=10, 层厚=4.0 mm, 层间距=0.4mm, FOV=28cm, 矩阵=256×256, NEX=1, BW=50.00kHz, Intensity Correction:PURE。横轴位T2mapping扫描时,需在扫描层面外,上方和下方均加饱和带,减少血管搏动伪影及流入增强效应。

1.3 入组的图像质量标准 双侧髋关节对称显示,解剖结构显示清晰,信噪比、对比度良好,没有运动伪影、局部磁场不均匀、磁化率伪影、化学位移效应等伪影的影响。

1.4 图像后处理及数据测量 将得到的T2-mapping图像上传至 GE公司ADW 4.7工作站

【第一作者】高 凯,男,主管技师,主要研究方向:磁共振成像技术。E-mail: 471917285@qq.com

【通讯作者】高 凯

进行Functool后处理，得到相应的伪彩图(如图1-3)，在横轴位及冠状位选取髌关节软骨最佳显示层面。参考文献^[11-14]：由两位高年资主治医师进行测量，分别在髌臼软骨及与其对应的股骨头软骨划分上、前、后三个区域，共6个区域(A~F：如图4、5)，避开髌关节孟唇、骨皮质及髌臼内韧带，每个区域各取5组面积相同的圆形 ROI，分别测量其T2值，选取ROI位置尽量保持一致。取两人测量结果的平均值为该区域髌关节软骨T2 map的测量值。

1.5 统计学分析 运用SPSS 26.0软件对数据进行统计学分析。T2测量值以($\bar{x} \pm s$)表示。不同性别髌关节软骨T2值的比较，采用独立样本t检验。双侧对称位置髌关节软骨T2值比较，采用配对样本t检验。不同年龄组髌关节软骨T2值均值比较，采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)。多重比较各年龄组各亚区软骨T2值的差异性，采用LSD检验法。不同亚区各年龄段T2值进行相关性比较，采用Pearson直线相关性分析，相关系数为r，r>0为正相关，r<0为负相关；|r|在0.8~1.0之间是极强相关；0.6~0.8之间是强相关；0.4~0.6之间是中等程度相关；0.2~0.4之间是弱相关；0.0~0.2则是极弱相关或无相关，P<0.05认为差异有统计学意义^[15]。

2 结 果

2.1 结果表明 98名0~5岁正常儿童髌关节软骨6个亚区，男、女组别间，T2值差异均无统计学意义(均P>0.05)(表1)。左、右两侧

对应亚区间，T2值差异均无统计学意义(均P>0.05)(表2)。
2.2 不同髌关节亚区各年龄组T2值比较 见表3，年龄组间T2值差异有统计学意义(均P<0.05)，得出各亚区T2值估算平均值曲线图(如图6、7)。
2.3 采用LSD检验法(方差齐) 多重比较不同亚区各年龄组软骨T2值的差异性(表4)。采用Pearson直线相关性分析不同亚区各年龄段T2值，进行相关性比较(表5)。得出在整个0~<5岁年龄区段，髌关节软骨A~F六个亚区，除D亚区外，其余五个亚区T2值，和年龄具有明显相关性(均P<0.01)，其中E、F亚区的T2值与年龄成高度正相关(r=0.605, 0.626；均P<0.01)；B、C亚区的T2值与年龄成中度正相关(r=0.515, 0.406；均P<0.01)；A亚区的T2值与年龄成弱正相关(r=0.384；P<0.01)。在不同年龄区段，结合LSD多重比较分析和Pearson直线相关性分析，可得出A、B、C三个亚区，1~2组间差异显著性水平小于0.05，年龄与T2值成正相关(r=0.497, 0.282, 0.595；均P<0.01)；可得出A、C两个亚区，2~3组间差异显著性水平小于0.05，年龄与T2值成负相关(r=-0.227, -0.243；均P<0.01)；可得出E、F两个亚区，3~4组间差异显著性水平小于0.05，年龄与T2值成正相关(r=0.511, 0.729；均P<0.01)；可得出A、B、C、D四个亚区，4~5组间差异显著性水平小于0.05，年龄与T2值成正相关(r=0.608, 0.772, 0.577, 0.545；均P<0.01)。

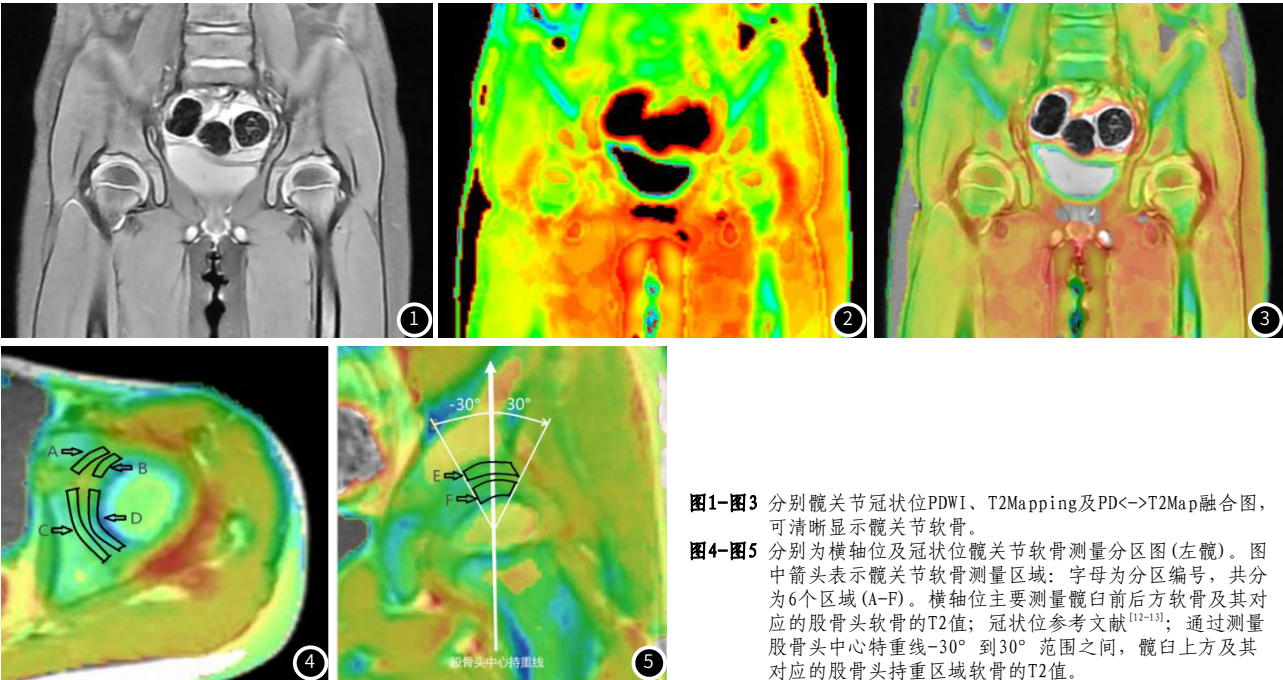


图1-图3 分别髌关节冠状位PDWI、T2Mapping及PDWI+T2Map融合图，可清晰显示髌关节软骨。
图4-图5 分别为横轴位及冠状位髌关节软骨测量分区图(左髌)。图中箭头表示髌关节软骨测量区域：字母为分区编号，共分为6个区域(A-F)。横轴位主要测量髌臼前后方软骨及其对应的股骨头软骨的T2值；冠状位参考文献^[12-13]，通过测量股骨头中心特重线-30°到30°范围之间，髌臼上方及其对应的股骨头持重区域软骨的T2值。

表1 不同性别髌关节软骨亚区T2值(ms)

性别	例数(侧)	A区	B区	C区	D区	E区	F区
男	184	34.38±5.03	35.05±4.91	31.75±3.45	35.96±5.07	35.78±4.67	36.71±5.29
女	208	33.04±6.71	34.47±5.12	32.00±3.56	35.69±5.12	35.19±4.88	37.07±5.61
P值		0.119	0.421	0.619	0.712	0.339	0.646

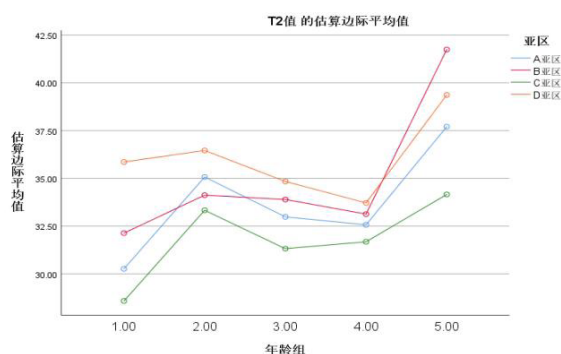
表2 双侧髌关节软骨亚区T2值(ms)

性别	A区	B区	C区	D区	E区	F区
左侧	33.45±4.96	35.01±6.12	31.58±3.68	35.70±5.33	35.80±5.12	36.64±5.32
右侧	33.89±4.89	34.47±4.96	32.18±4.30	35.94±5.03	35.14±4.96	37.16±5.88
P值	0.796	0.185	0.063	0.827	0.178	0.266

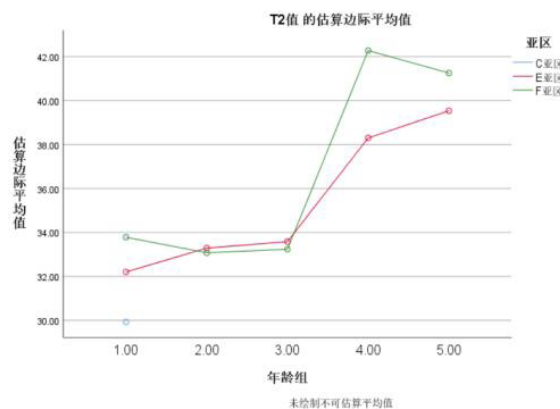
表3 0~5岁正常儿童髋关节软骨T2值(ms)

年龄(岁)	例数(侧)	A区	B区	C区	D区	E区	F区
0~<1	64	30.26±3.74	32.13±3.65	28.58±2.97	35.86±5.31	32.20±2.54	33.78±3.15
1~<2	88	35.07±4.86	34.12±4.17	33.33±3.36	36.46±4.70	33.28±3.01	33.07±3.24
2~<3	76	32.98±4.08	33.89±3.99	31.31±3.38	34.84±4.74	33.58±3.22	33.24±3.70
3~<4	100	32.57±4.10	33.13±4.16	31.67±2.88	33.71±4.32	38.30±3.17	42.28±4.09
4~<5	64	37.70±4.37	41.73±3.90	34.16±2.73	39.36±4.97	39.53±3.55	41.25±3.34
0~<5	392	33.67±4.82	34.74±5.08	31.88±3.54	35.82±4.96	35.47±4.22	36.90±5.52
F值		14.476	30.48	16.27	7.466	41.585	69.22
P值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：方差齐性检验各亚区显著性均大于0.05。



6



7

图6为A、B、C、D四亚区估算边际平均值曲线图；图7为E、F两亚区估算边际平均值曲线图。

表4 不同亚区各年龄组软骨T2值的LSD检验法多重比较

	1,2组	1,3组	1,4组	1,5组	2,3组	2,4组	2,5组	3,4组	3,5组	4,5组
A区	0.000	0.009	0.018	0.000	0.028	0.005	0.009	0.654	0.000	0.000
B区	0.034	0.069	0.275	0.000	0.800	0.234	0.000	0.423	0.000	0.000
C区	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.010	0.249	0.588	0.000	0.000
D区	0.588	0.374	0.048	0.004	0.127	0.006	0.009	0.274	0.000	0.000
E区	0.135	0.066	0.000	0.000	0.699	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
F区	0.394	0.526	0.000	0.000	0.837	0.000	0.000	0.000	0.000	0.206

注：平均值差值的显著性水平为0.05。

表5 不同亚区T2值在各年龄段相关性比较

	亚区	A区	B区	C区	D区	E区	F区
1~2组	r值	0.497**	0.282**	0.595**	0.061	0.205	-0.118
	P值	0.000	0.022	0.000	0.616	0.105	0.406
2~3组	r值	-0.227**	-0.039	-0.243**	-0.161	0.039	0.019
	P值	0.040	0.754	0.032	0.184	0.760	0.896
3~4组	r值	-0.83	-0.104	0.055	-0.149	0.511**	0.729**
	P值	0.46	0.408	0.634	0.212	0.000	0.000
4~5组	r值	0.608**	0.772**	0.577**	0.545**	0.171	-0.132
	P值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.176	0.351
1~5组	r值	0.384**	0.515**	0.406**	0.118	0.605**	0.626**
	P值	0.000	0.000	0.000	0.119	0.000	0.000

注：“**”表示相关性在0.01上是显著的。

3 讨 论

T2Mapping技术以多回波序列为基础,通过采集同一个TR时间内不同TE时间的信号数据^[16],经过工作站计算、重建并测量感兴趣区后,得到髌关节软骨的T2值^[17]。关节软骨主要由胶原纤维、蛋白多糖以及细胞外基质构成,而这些物质是关节软骨弹性、抗压性和低摩擦性的基础^[18-19]。T2值能反映软骨内水分、蛋白多糖及胶原蛋白的含量^[20-22],同时反映胶原蛋白和基质等软骨成分的各项异性^[23-24],T2Mapping技术正成为重要的软骨生化结构影像学分析手段。

本研究将0~5岁正常儿童定为目标人群,量化并分析髌关节软骨不同持重亚区各年龄阶段T2值的变化规律,得出0~5岁正常儿童髌关节软骨,不同性别各亚区间,T2值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。左、右两侧对应亚区间T2值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。不同髌关节亚区各年龄组间T2值差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。得出在整个0~5岁年龄区段,髌关节软骨A~F六个亚区,除D亚区外,其余五个亚区T2值,和年龄具有明显正相关(均 $P<0.01$)。在不同年龄区段:1~2年龄组间,A、B、C三个亚区,T2值与年龄正相关;2~3年龄组间,A、C两个亚区,T2值与年龄负相关;3~4年龄组间,E、F两个亚区,T2值与年龄正相关;4~5年龄组间,A、B、C、D四个亚区,T2值与年龄正相关。

结果显示,不同髌关节亚区各年龄组间T2值差异有统计学意义(均 $P<0.05$),结合LSD检验法(表4)、Pearson直线相关性分析(表5)和T2值估算边际平均值曲线图(图6、7),通过选取身高体重在正常值范围内的儿童,尽可能排除BMI对T2值的影响,可得出T2值的变化与年龄、运动量增加和随年龄增长持重部位改变有关。符合以往研究结果:T2值受到年龄、体重指数(BMI)及运动量大小的影响^[25-26]。

本研究发现T2mapping技术仍存在一些问题,符合以往研究结果:T2值易受魔角效应、局部磁场不均、磁化率伪影、化学位移效应、血管搏动伪影及流入增强效应等的影响^[27]。对于这些问题,本研究采取了一些针对的改善方法:(1)T2Mapping序列为多回波序列,部分TE时间较短,关节软骨胶原纤维排列方向与B0场方向在特定夹角时会产生魔角效应,测量时可参考T2SPAIR序列,尽量排除魔角效应的影响。(2)改善局部磁场不均匀、磁化率伪影、化学位移效应的影响,检查前需去除受检者身上的金属异物,去除尿不湿,尽量排空膀胱尿液减小伪影,同时注意摆位的标准,髌关节两侧可摆放沙袋。(3)基于TSE序列的T2Mapping序列,横轴位扫描时,需在扫描层面外,上方和下方均加饱和带,减少血管搏动伪影及流入增强效应。(4)体部线圈受近线圈效应影响,检查时需设置Intensity Correction:PURE。

本研究不足之处:(1)在身体发育及运动能力变化迅速期样本量含量相对较少,未能更详细地分组研究。(2)未能对体重指数(BMI)及运动量等对T2值有关因素做相应研究。(3)儿童髌关节软骨较薄,未能对软骨浅层、过渡层以及深层进行分层研究。

综上所述,3.0T MRI T2Mapping序列可定量测量0~5岁正常儿童髌关节软骨T2值,得出的不同髌关节亚区各年龄组T2值变化趋势并建立一组正常参考值,是应用T2Mapping技术评价儿童髌关节损伤的重要前提。

参考文献

- [1]刘志新,刘卫东,赵群,等.幼儿发育性髌脱位髌白形态学的MRI研究.[J].中华小儿外科杂志,2002,23(1):43-46.
- [2]赵炬才.髌关节外科学[M].北京:中国医药科技出版社,1992:354.
- [3]刘爱宁,闫翠娇,魏华滨,等.MRI测量前后髌白指数评估儿童髌关节前后髌白发育情况发育性髌关节发育不良[J].分子影像学杂志,2021,06:965-968.
- [4]张变双,王延宙,李天友,等.MRI前方软骨性头白覆盖率在评价发育性髌关节发育不良治疗后髌关节功能的价值[J].中华放射学杂志,2021,10:1076-1081.
- [5]刘振清,刘鸿圣,黄莉,等.MRI定量分析正常儿童前后髌白发育[J].中国医学影像技术,2018,34(4):601-604.
- [6]Glaser C.New techniques for cartilage imaging:T2 relaxation time and diffusion-weighted MR imaging[J].Radiol Clin North Am,2005,43(4):641-653.
- [7]Cloos Martijn A.,Asslinder Jakob,Abbas Batool,Fishbaugh James,Babb James S.,Gerig Guido,Lattanzi Riccardo.Rapid Radial T1 and T2 Mapping of the Hip Articular Cartilage With Magnetic Resonance Fingerprinting[J].Journal of magnetic resonance imaging:JMIR,2019,50(3):810-815.
- [8]瞿楠,姚伟武,杨世坝.正常及退变软骨T1弛豫值及T2弛豫值的定量研究[J].中国医学计算机成像杂志,2015,04:362-366.
- [9]Mosher TJ, Dardzinski BJ.Cartilage MRI T2 relaxation time mapping:overview and applications[J].Semin Musculo- skelet Radiol, 2004, 8(4):355-368.
- [10]张慈慈,梁治平,刘琼,等.T1ρ和T2 mapping成像观察青少年尺桡骨远端骺板[J].中国医学影像技术,2022,05:739-742.
- [11]冷晓明,姜胜攀,黄勇,等.MRI测量股骨头坏死塌陷前期髌关节软骨的厚度及表观弥散系数分析[J].中国CT和MRI杂志,2015(7)101-103.
- [12]冷晓明,姜胜攀,徐玲,等.磁共振T2 map成像对不同ARCO分期股骨头软骨变性的评估价值[J].中国CT和MRI杂志,2016,08:109-111+2.
- [13]Chatha DS,Arora R.MR imaging of the normal hip[J].Magn Reson Imaging Clin N Am,2005,13:605-615.
- [14]孙念念,李琦,王磊,等.2岁以下小儿发育性髌关节发育不良髌关节软骨T2 mapping分析[J].国际医学放射学杂志,2020,43(2):168-173.
- [15]赵珂珂,索凌云,张雷,等.三维动脉自旋标记技术在正常婴儿脑血流分析中的应用[J].中国中西医结合影像学杂志,2019,05:456-459.
- [16]朱柳虹,路伟宏,刘豪,等.1.5T及3.0T MR T2 mapping技术定量鉴别子宫良恶性肿瘤[J].中国医学影像技术,2021,37(2):259-263.
- [17]王鹤翔,郝大鹏,徐文坚,等.3.0T MRI T2-mapping对膝关节软骨退变的评估价值[J].磁共振成像,2012,04:245-249.
- [18]陈逸群,赵雪文.磁共振T2 mapping、T1rho序列对膝骨关节炎定量成像的研究进展[J].医学综述,2018,17:3492-3496.
- [19]陈海涛,倪曲波,陈廖斌.关节软骨的发育及调控[J].武汉大学学报(医学版),2021,02:333-337.
- [20]赵敏,刘鸿雁,王国华,等.膝关节骨关节炎半月板损伤程度与关节软骨T1 rho、T2 mapping相关性研究[J].中国临床医学影像杂志,2019,11:812-816.
- [21]龙斌,董进,宋少辉,等.3.0T MRI T2-mapping成像对膝关节软骨退变的临床价值[J].中国CT和MRI杂志,2015,01:90-91+105.
- [22]Niemenen MT,Toyra J,Rieppo J,et al.Quantitative MR microscopy of enzymatically degraded articular cartilage.[J].Magn Reson Med,2000,43(5):676-681.
- [23]Xia Y.Magic-angle effect in magnetic resonance imaging of articular cartilage:a review.[J].Invest Radiol,2000,35(10):602-621.
- [24]宋玲玲,梁碧玲,沈君,等.MR T-2图评价膝关节软骨的初步探讨[J].中华放射学杂志,2008,03:231-235.
- [25]袁慧书,刘丽思.肌骨关节系统磁共振成像临床应用及进展[J].磁共振成像,2015,02:81-85.
- [26]陈静,王斌,杨献峰.3.0T磁共振T2*-mapping成像分区评估膝关节软骨的应用价值[J].中国医学计算机成像杂志,2021,05:436-440.
- [27]张晰尧,于静红.羊膝关节软骨退变的磁共振T2-mapping和DTI的相关研究[J].磁共振成像,2020,05:348-353.

(收稿日期:2022-10-24)

(校对编辑:姚丽娜)