

• 骨骼肌肉影像学 •

T₂-mapping 评估成人腰椎骨髓含水量与年龄、性别的相关性

向春林, 刘琴, 黄文华, 胡军武

【摘要】 目的:探讨 T₂-mapping 技术在评估成人腰椎骨髓含水量与年龄、性别相关性中的应用价值。**方法:**采用 3.0T MR 对 78 例健康志愿者行腰椎多回波 SE 序列 T₂-mapping 检查。78 例志愿者中男 36 例,女 42 例,按年龄分为 20~29 岁、30~39 岁、40~49 岁、≥50 岁共 4 组,每个年龄段又按性别分为男、女 2 组,共 8 组。测量 78 例志愿者 L₁—L₅ 各个椎体(共 390 个椎体)的 T₂ 值。对相同性别、不同年龄段及相同年龄段、不同性别的腰椎 T₂ 值进行组间比较,并进行统计学分析。**结果:**相同性别、不同年龄段的腰椎 T₂ 值比较:男性中 20~29 岁年龄段的腰椎 T₂ 值均高于其它年龄段,差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),其它年龄段之间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05);女性中 ≥50 岁年龄段的腰椎 T₂ 值均低于其它年龄段,差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),其它年龄段之间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。相同年龄段、不同性别的腰椎 T₂ 值比较:各个年龄段上女性的腰椎 T₂ 值均高于男性,差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。**结论:**T₂-mapping 技术可用于评估成人腰椎骨髓含水量在年龄、性别上的差异。男性与女性腰椎骨髓含水量随年龄变化规律不同,女性腰椎骨髓含水量高于男性。

【关键词】 磁共振成像; 腰椎; 骨髓; T₂-mapping

【中图分类号】 R681.5; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)09-0940-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.09.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of T₂-mapping in the evaluation of the correlation of water content in lumbar bone marrow with age and gender in adults XIANG Chun-lin, LIU Qin, HUANG Wen-hua, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective: To study the significance of T₂-mapping in the quantitative evaluation of the correlation of water content in lumbar bone marrow with age and gender in adults. **Methods:** Using 3.0T MR scan, multi-echo SE T₂-mapping imaging was performed on the lumbar spine in 78 healthy volunteers. The volunteers included 36 males and 42 females, which were divided into four groups by age (20~29y, 30~39y, 40~49y and ≥50y), then, each group were further divided by gender, altogether there were 8 groups in this study. The T₂ values of each L₁—L₅ vertebra was measured in these 78 volunteers, with a total of 390 vertebrae. The T₂ values of lumbar vertebrae in different age groups of the same gender and that in different gender of the same age were compared respectively. **Results:** Comparison of lumbar T₂ values in different age groups of the same gender showing that in males, the lumbar T₂ value in the age group of 20~29y was significantly higher than that in the other age groups ($P<0.05$), no significant difference was existed in the other age groups ($P>0.05$). In females, the T₂ value of lumbar spine in the age group ≥50y was significantly lower than that in the other age groups ($P<0.05$), no significant differences was existed in the other age groups ($P>0.05$). When comparison of lumbar T₂ values between different gender in the same age group were performed, the lumbar T₂ values in females were significantly higher than that in males in any age groups ($P<0.05$). **Conclusion:** T₂ mapping can be used in evaluating the differences in water content in lumbar bone marrow among different ages and between different genders in adults. The water content of lumbar bone marrow varied with age both in males and females. The water content of lumbar bone marrow in women is

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介: 向春林(1987—), 男, 湖北宜昌人, 初级技师, 主要从事临床放射技术工作。

通讯作者: 刘琴, E-mail: liuqinscn@163.com

higher than that in men.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Lumbar vertebra; Bone marrow; T₂-mapping

随着 MRI 技术的发展,基于组织 T₂ 弛豫时间的量化分析技术-T₂-mapping 技术,其运用越来越广泛。目前 T₂-mapping 技术可用于关节软骨成分的评价^[1,2]、椎间盘退变过程定量测量^[3,4]及心肌功能性评价^[5,6]。虽然 T₂-mapping 技术应用广泛,但较少有 T₂-mapping 技术运用于腰椎骨髓的研究报道。本研究运用 T₂-mapping 技术测量成人腰椎 T₂ 值,量化分析腰椎骨髓含水量,探讨成人腰椎骨髓含水量与年龄、性别的相关性,旨在为骨髓量化评估方法及腰椎骨髓含水量变化规律的研究提供参考依据。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2016 年 5 月—2017 年 10 月间行 T₂-mapping 检查的健康志愿者 78 例,其中男 36 例,女 42 例,年龄 22~68 岁,平均年龄(39.35±12.49)岁。志愿者按性别和年龄分为 8 组,分别为男 20~29 岁组、男 30~39 岁组、男 40~49 岁组、男≥50 岁组、女 20~29 岁组、女 30~39 岁组、女 40~49 岁组、女≥50 岁组,年龄和性别分布见表 1。志愿者纳入标准:无明显腰部疼痛症状,无血液系统疾病,无腰椎外伤及手术史,无代谢性骨病,无腰椎肿瘤史,女性无节育环,未接受过放化疗。检查前志愿者均签署知情同意书。

表 1 志愿者年龄和性别分布

年龄段(岁)	男性(例)	女性(例)
20~29	8	11
30~39	11	13
40~49	10	9
≥50	7	9
合计	36	42

2. 检查方法

采用 GE Discovery MR750 3.0T 扫描仪,CTL 线圈对志愿者腰椎行 8 回波 SE 序列矢状面 T₂-mapping 扫描,志愿者取仰卧位、头先进,嘱检查时制动。扫描参数:TR 1500 ms,TE 7.1、14.1、21.2、28.2、35.3、42.3、49.4、56.4 ms,激励次数 1,视野 32 cm×32 cm,层厚 4.0 cm,层间距 0.5 cm,矩阵 256×160,扫描时间 486 s,范围包括整个 L₁—L₅ 椎体,扫描时采用化学位移选择饱和和法行脂肪抑制,椎体前加预饱和带。

3. 数据处理

将扫描所得 T₂-mapping 原始数据传到 GE 360AW 后处理工作站,利用 Function tool 软件生成 T₂-mapping 原始图及伪彩图。于正中矢状面原始图像上分别勾画 L₁—L₅ 椎体感兴趣区(region of inter-

est,ROI),ROI 尽可能包括整个椎体骨部分,避开骨皮质、终板及椎间盘,并详细记录每例志愿者 L₁—L₅ 椎体伪彩图上生成的 T₂ 值(图 1、2)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,计算 8 组 L₁—L₅ 所有椎体 T₂ 值的平均值,计量资料以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。比较相同性别、不同年龄段及相同年龄段、不同性别之间腰椎的 T₂ 值。对于相同性别、不同年龄段的腰椎 T₂ 值比较,首先分别对男性和女性不同年龄段之间的腰椎 T₂ 值行单因素方差(ANOVA)分析,若总体之间差异有统计学意义再行组间多重比较;行组间多重比较时先对各组数据进行方差齐性检验,方差齐时采用 LSD 法,方差不齐时采用 Tamhane's T₂ 法。相同年龄段、不同性别的腰椎 T₂ 值比较采用独立样本 *t* 检验。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

36 例男性志愿者的平均腰椎 T₂ 值为(41.91±5.00) ms,42 例女性志愿者的平均腰椎 T₂ 值为(55.74±9.423) ms,差异有统计学意义(*t* = -18.444, *P* = 0.000)。

1. 相同年龄段男性与女性间的腰椎 T₂ 值比较

相同年龄段男性与女性之间的腰椎 T₂ 值比较采用独立样本 *t* 检验,结果显示所有相同年龄段中,男性与女性的腰椎 T₂ 值差异均有统计学意义(*P* 值均 < 0.05),女性均高于男性(表 2)。

表 2 男性与女性各年龄段间的腰椎 T₂ 值比较

年龄(岁)	男性(ms)	女性(ms)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
20~29	44.58±4.688	59.51±6.347	-13.190	0.000
30~39	41.77±5.157	57.93±10.197	-11.196	0.000
40~49	41.23±5.188	55.50±9.596	-8.879	0.000
≥50	40.07±3.583	48.19±6.772	-6.898	0.000

2. 相同性别、不同年龄段间的腰椎 T₂ 值比较

在男性组中,单因素方差分析结果显示不同年龄段间腰椎 T₂ 值差异有统计学意义(*P* = 0.001),方差齐性检验显示方差齐(*P* = 0.157),采用 LSD 法行组间多重比较;结果显示 20~29 岁与 30~39 岁、40~49 岁、≥50 岁年龄段之间的腰椎 T₂ 值差异均有统计学意义(*P* 值均 < 0.05),20~29 岁的腰椎 T₂ 值均显著高于其它年龄段;30~39 岁、40~49 岁、≥50 岁年龄段之间的腰椎 T₂ 值差异均无统计学意义(*P* 值均 > 0.05,表 3)。

表 3 各年龄段腰椎 T₂ 值多重比较结果

比较组别	P 值	
	男性组	女性组
20~29 岁与 30~39 岁	0.005	0.886
20~29 岁与 40~49 岁	0.001	0.108
20~29 岁与 ≥50 岁	0.000	0.000
30~39 岁与 40~49 岁	0.565	0.751
30~39 岁与 ≥50 岁	0.103	0.000
40~49 岁与 ≥50 岁	0.274	0.000

在女性组中,单因素方差分析结果显示不同年龄段间腰椎 T₂ 值差异有统计学意义($P=0.000$),方差齐性检验显示方差不齐($P=0.000$),且最大方差与最小方差之比小于 3,采用 Tamhane's T₂ 法行组间多重比较;结果显示 ≥50 岁与 20~29 岁、30~39 岁、40~49 岁年龄段之间的腰椎 T₂ 值差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),≥50 岁的腰椎 T₂ 值均显著低于其它年龄段;20~29 岁、30~39 岁、40~49 岁年龄段之间的腰椎 T₂ 值差异均无统计学意义(P 值均 >0.05 ,表 3)。

讨 论

人体骨髓分为红骨髓(造血骨髓)和黄骨髓(脂肪骨髓),红骨髓由水(40%)、脂肪(40%)和蛋白质(20%)组成,黄骨髓由水(15%)、脂肪(80%)和蛋白质(5%)组成^[7]。人从出生后不久,随着年龄增长,红骨髓逐渐被黄骨髓替代,至成人时红骨髓主要存在于中轴骨和四肢骨的近端^[8],即存在红骨髓向黄骨髓的生理转换过程。骨髓转换过程中,骨髓内的水、脂肪、蛋白质等化学成分含量不断变化。当人体发生大量失血、血液系统疾病时,椎体黄骨髓还可转化为红骨髓,

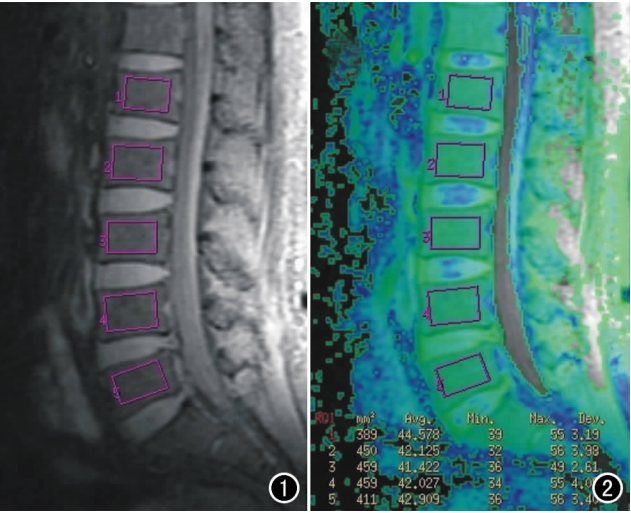
恢复其造血功能。人体椎体骨髓的生理学、病理性改变都与骨髓内水、脂肪含量密切相关。对腰椎骨髓的水和脂肪进行定量分析,可进一步了解骨髓转换规律,为腰椎椎体的生理学、病理性研究提供参考依据。

T₂-mapping 是一种可以用于定量测定组织弛豫时间(即 T₂ 值)的多回波脉冲序列,采用固定的 TR 时间和不同的 TE 时间,获得多组相同 TR、不同 TE 的图像,测量不同回波时间信号强度,再经后处理计算得出组织 T₂ 值。T₂-mapping 技术反映组织基质结构和含水量,能检测组织内水分子的微小变化,可用于组织含水量的定量测量^[9,10]。以往运用 T₂-mapping 技术对骨髓的相关研究表明,T₂-mapping 技术可通过对骨髓的含水量测量来监测骨髓的早期病理性改变^[11,12],本研究结果表明运用 T₂-mapping 技术通过 T₂ 值的测量来分析腰椎骨髓含水量是可行的。考虑到腰椎骨髓随年龄变化主要表现为水分减少和脂肪沉积,有文献报道腰椎骨髓脂肪含量随年龄的增大而增高^[13],本研究为了排除脂肪对测量结果的影响,在 T₂-mapping 序列扫描时加入脂肪抑制技术,能够更加准确地反映腰椎骨髓转换过程中骨髓含水量的变化。

本研究结果表明男性与女性腰椎骨髓含水量随年龄变化规律不同,且女性腰椎骨髓含水量高于男性。男性 30 岁以上各年龄段的腰椎 T₂ 值差异均无统计学意义,说明男性 30 岁以后腰椎骨髓含水量相对稳定,腰椎骨髓转换速度较慢;女性 20~49 岁间各年龄段的腰椎 T₂ 值差异均无统计学意义,≥50 岁年龄段的腰椎 T₂ 值均明显低于其它年龄段,说明女性 20~49 岁时骨髓含水量相对稳定,50 岁以后腰椎骨髓含水量显著减少,腰椎骨髓转换速度较快。这是由于人出生后不久就存在红骨髓向黄骨髓的生理转换,至成人时红骨髓主要位于中轴骨、胸骨、股骨和肱骨近端,在成人型骨髓期其转换速度会变慢。本研究结果显示男性在 30 岁前后,女性在 50 岁前后骨髓含水量变化明显,与 Ishijima 等^[14]的研究结果相似,该研究结果显示男性到 25 岁时,骨髓分布呈成人型,其后骨髓转换减慢,含水量保持相对稳定;女性在 5~44 岁时腰椎骨髓含水量相对稳定,45 岁以后腰椎骨髓转换加快,含水量开始明显减少。男性与女性的骨髓转换在年龄、性别上的差异,可能与女性月经现象和雌激素有关,在成人早期女性比男性拥有更多的造血组织^[15,16]。成人早期女性骨髓转换速度较慢,一旦女性出现绝经现象,其骨髓的转换速度会加快,骨髓含水量开始明显减少。也有研究表明在股骨近端、骨盆等部位中男性与女性的骨髓转换存在年龄、性别上的差异^[15,17]。所以在有关腰椎骨髓含水量的临床诊断及治疗过程中,需要考虑年龄和性别的差异。

图 1 后处理工作站原始图上勾画 ROI 区域(尽可能包括整个椎体骨部分,避开骨皮质、终板及椎间盘)。

图 2 44 岁,男性志愿者伪彩图上生成的 L₁—L₅ 椎体 ROI 的 T₂ 值。



以往对腰椎骨髓随年龄转换规律的研究方法中,磁共振波谱成像(magnetic resonance spectroscopy, MRS)、水脂分离技术(Dixon)、水脂分离-智能定量技术(iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation quantitation sequence, IDEAL-IQ)都是通过对骨髓脂肪含量进行分析^[18,19],鲜有关于骨髓含水量的研究报道。本研究运用 T₂-mapping 技术测量腰椎骨髓随年龄转换规律中含水量的变化。传统 MRS 技术扫描时间较长,谱线分析方法复杂,受较多因素影响,不能同时进行多个椎体的扫描。Dixon 技术在磁场不均情况下容易发生相位编码错误,无法进行有效的水脂分离。T₂-mapping 技术序列简单,无需进行复杂的参数调整,能同时进行多椎体的扫描,可作为腰椎骨髓成像的重要检查方法。对腰椎骨髓含水量随年龄变化的规律,也曾有文献运用表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值间接做过评估^[20],但由于 ADC 值会受到脂肪细胞堆积的影响,采用 ADC 值间接反映骨髓含水量时仍然无法排除脂肪的影响。运用 T₂-mapping 技术测量腰椎 T₂ 值,在排除脂肪的影响后能更准确地定量评估腰椎骨髓含水量。本研究进一步证实了 T₂-mapping 技术在骨髓定量评估中的可行性,尤其是腰椎骨髓;对腰椎骨髓随年龄转换过程中含水量的变化进行了探讨,并且为腰椎骨髓含水量随年龄变化规律以及不同性别间的差异提供了一定的参考依据。在后续研究中,我们将进一步探讨 T₂-mapping 技术在腰椎骨髓病理改变方面的应用价值。

本研究的局限性在于无法取得椎体骨髓含水量的组织学信息,仅与既往文献作比较;其次,本研究样本量较少,未对 50 岁以上年龄做进一步细化分组,Ishijima 等^[14]的研究结果表明 55~64 岁男、女性腰椎含水量无明显差异。

综上所述,T₂-mapping 技术可定量分析腰椎骨髓 T₂ 值,是评价腰椎骨髓含水量的重要方法,男性与女性腰椎骨髓含水量随年龄变化规律不同,女性腰椎骨髓含水量高于男性。

参考文献:

- [1] 韩晓蕊,洪郭驹,赵曼,等. 磁共振 T₁ρ 和 T₂-mapping 定量技术对股骨头坏死软骨变性的对照研究[J]. 放射学实践,2017,32(8): 866-869.
- [2] Crema MD, Romer FW, Marra MD, et al. Articular cartilage in the knee: current MR imaging techniques and applications in clinical practice and research[J]. Radiographics, 2011, 31(1): 37-61.
- [3] Trattinig S, Stelzeneder D, Goed S, et al. Lumbar intervertebral disc abnormalities: comparison of quantitative T₂-mapping with conventional MR at 3.0T[J]. Int J Med Radiol, 2010, 20(11): 2715-2722.

- [4] Watanabe A, Benneker LM, Boesch C, et al. Classification of intervertebral disk degeneration with axial T₂-mapping[J]. AJR, 2007, 189(4): 936-942.
- [5] Markl M, Rustogi R, Galizia M, et al. Myocardial T₂-mapping and velocity mapping: changes in regional left ventricular structure and function after heart transplantation[J]. Magn Reson Med, 2013, 70(2): 517-526.
- [6] 安东蕾蕾, 吴连明, 葛恒, 等. T₂-mapping 在心肌梗死后心肌水肿检测中的应用以及与血清肌酸激酶间的相关性分析[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2016, 36(4): 532-536.
- [7] Guillerme RP. Marrow: red, yellow and bad[J]. Pediatr Radiol, 2013, 43(1): 181-192.
- [8] 袁明远, 肖湘生, 贾连顺. 正常骨髓的 MRI 表现[J]. 中国医学影像技术, 2003, 19(1): 115-117.
- [9] Battaglia M, Vannini F, Buda R, et al. Arthroscopic autologous chondrocyte implantation in osteochondral lesions of the talus: mid-term T₂-mapping MRI evaluation[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011, 19(8): 1376-1384.
- [10] Mosher TJ, Dardzinski BJ. Cartilage MRI T₂ relaxation time mapping: overview and applications[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2004, 8(4): 355-368.
- [11] 杨泽宏, 蒋伟, 陈建宇, 等. 正常人骶髂关节骨髓 T₂ 值初步探讨[J]. 影像诊断与介入放射学, 2013, 22(5): 361-363.
- [12] 甄涛. 磁共振 T₂-mapping 序列在诊断强直性脊柱炎早期骶髂关节炎上的应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [13] Liney GP, Bernard CP, Manton DJ, et al. Age, gender, and skeletal variation in bone marrow composition: A preliminary study at 3.0 Tesla[J]. J Magn Reson Imaging, 2007, 26(3): 787-793.
- [14] Ishijima H, Ishizaka H, Horikoshi H, et al. Water fraction of lumbar vertebral bone marrow estimated from chemical shift misregistration on MR imaging: Normal variations with age and sex[J]. AJR, 1996, 167(2): 355-358.
- [15] Vande Berg B, Lecouvert F, Moysan P, et al. MR assessment of red marrow distribution and composition in the proximal femur: correlation with clinical and laboratory parameters[J]. Skeletal Radiol, 1997, 26(10): 589-596.
- [16] Schellinger D, Lin CS, Fertikh D, et al. Normal lumbar vertebrae: anatomic, age, and sex variance in subjects at proton MR spectroscopy-initial experience[J]. Radiology, 2000, 215(3): 910-916.
- [17] 胡亮, 董越, 程凡容, 等. 健康成人骨盆骨髓扩散加权成像性别、年龄间差异及相关性研究[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(11): 1725-1729.
- [18] Ojanen X, Borra RJ, Havu M, et al. Comparison of vertebral bone marrow fat assessed by ¹H-MRS and inphase and out-of-phase MRI among family members[J]. Osteoporos Int, 2014, 25(2): 653-662.
- [19] 代岳, 王姗, 徐慧婷, 等. IDEAL-IQ 技术对不同年龄椎体骨髓脂肪含量的定量评价[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2017, 23(2): 161-165.
- [20] 孙海燕, 张华伍, 向华辉, 等. 成人正常腰椎表观弥散系数与年龄、性别的相关性[J]. 湖北民族学院学报(医学版), 2015, 32(4): 18-21.