

膝关节半月板热身运动前后磁共振 T_2 时间变化研究

刘彦含 张晓锦 陈 杰 柏 冬

摘 要 **目的** 通过比较分析热身运动前后膝关节半月板磁共振 T_2 时间的变化,探讨利用 T_2 时间变化反映热身运动前后半月板变化的可行性。**方法** 选择40例无膝关节相关症状的志愿者,其中男性15例,女性25例;患者年龄22~30岁,平均年龄 26.32 ± 2.1 岁。在同等强度的热身运动前后对每位志愿者行右膝关节的MR T_2 mapping序列成像,分别测量内、外侧半月板前角、后角、体部的 T_2 时间,采用配对 t 检验比较热身运动前后膝关节半月板 T_2 时间变化。**结果** 热身运动后膝关节半月板各个部位的 T_2 值均增高($P=0.000$);外侧半月板体部 T_2 值增高幅度小于内侧半月板前角($P<0.05$)、内侧半月板后角($P<0.05$)及外侧半月板前角($P<0.05$)。**结论** 热身运动可以增加膝关节半月板 T_2 时间,提示可以增加半月板内含水量,改善半月板的生理活性,对半月板起到一定的保护作用;MR T_2 mapping 成像技术可以评价运动前后半月板 T_2 时间,是评估半月板的1项可靠手段。

关键词 半月板 运动 磁共振成像 T_2 时间 T_2 mapping

中图分类号 R445

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2017.09.038

A Research on the Changes of T_2 time by MRI for Meniscus after Warm-up Exercise. Liu Yanhan, Zhang Xiaojin, Chen Jie, Bai Dong. Department of imaging, Aerospace Medical College Hospital of Peking University, Beijing 100049, China

Abstract Objective To prospectively evaluate changes in T_2 relaxation times in the meniscus with warm-up exercise using MRI in healthy knees, and explore the feasibility of evaluating the morphological changes of meniscus after acute warming-up by T_2 time response. **Methods** A total of 40 healthy adult volunteers were enrolled, which included 15 males and 25 females; aged 22-30 years old with mean age of 26.32 ± 2.1 . T_2 mapping sequential imaging was performed to measure the T_2 time of medial and lateral anterior, body, posterior before and after warm-up exercise. A paired Student's t test was used to determine the effects of warm-up exercise on T_2 times. **Results** All volunteers showed a significant increase in T_2 values after warm-up exercise in all meniscus compartments ($P=0.000$), which may indicate changes in the biochemical composition of meniscal tissue. The lateral body compartment experienced more increment than medial anterior ($P<0.05$), medial posterior ($P<0.05$) and lateral posterior parts ($P<0.05$) after warm-up exercise. **Conclusion** Longer T_2 values after warm-up exercise suggest increment in the water content of knee meniscus, which may indicate improvements in the physiological activity and protection of meniscus. T_2 values in menisci have the potential to be used as biomarkers for identifying meniscus changes after exercise.

Key words Meniscus; Exercise; Magnetic resonance imaging; T_2 mapping

膝关节是人体最大、最复杂的关节。半月板是一种纤维软骨,血供并不丰富,营养主要依靠周围滑液。适度运动可使半月板承受一定压力负荷,促进半月板的生长,但运动过度会导致半月板的损伤。近年来,随着全民健身的口号提出,国民健身的积极性大大提高,由运动产生的半月板的急、慢性损伤也呈增加趋势。剧烈运动前进行热身有利于减少半月板的损伤,但具体机制尚不明确。

MRI 因其具有无创性、高分辨及可定量的特点,

对膝关节的研究具有明显优势。有研究表明,纤维软骨的 T_2 时间与软骨基质中水和胶原的含量有关。笔者拟通过比较运动前后膝关节半月板 T_2 时间的变化,探讨适度的运动对半月板生理及功能的影响。笔者假设热身运动可增加半月板内水含量,促进半月板对周围滑液营养的吸收,导致MR的 T_2 值升高。这个实验将也进一步开发MR对于无创地及半定量地检测关节半月板在正常生理性运动影响下的变化;对于运动医学的诸多领域,例如运动损伤防护、功能性生物力学,具有重要意义。

资料与方法

1. 临床资料:研究经笔者医院伦理委员会讨论通过。选择40例志愿者,其中男性15例,女性25例;

作者单位:100049 北京大学航天临床医学院影像科

通讯作者:张晓锦,教授,主任医师,电子信箱:ZXJ_630913@hotmail.com

年龄 22 ~ 30 岁,平均年龄 26.3 ± 2.1 岁。(1)入选标准:①无膝关节症状的志愿者;②无膝关节疾病及手术史;③体重指数 (body mass index, BMI) 为 $22.14 \pm 3.94 \text{ kg/m}^2$ 。(2)排除标准:①不愿参与此项研究;②符合《骨关节炎诊治指南》(2007 版)诊断标准;③在研究中出现不耐受和膝部不适等异常症状者;④MR 检查禁忌证相关患者。

2. 方法:(1)基本流程:笔者设定慢跑 15min 为适度的热身运动,收集所有受试者的基本信息(年龄、身高、体重、BMI、常规运动的频率和强度),并要求志愿者填写国际体力活动问卷(IPAQ)测定志愿者在过去 1 周内体力活动情况。嘱受试者平卧静息 30min 后进行运动前 MR 扫描,随后以 $6.0 \pm 1.2 \text{ km/h}$ 速率进行 15min 慢跑,立即进行第 2 次 MR 扫描,跑步后和进行扫描间隔不超过 1min,所有受试者均不出现不耐受和膝部不适等异常症状。(2)MR 扫描方案:采用 Siemens Skyra 3.0T MR 扫描仪以及 15 通道膝关节专用线圈。受试者取仰卧位,以右侧膝关节髌骨最下缘与胫骨结节的中点定位于线圈中心,足先进。扫描方案包括矢状位质子脂肪抑制序列(fat saturation protein weighted imaging, FS - PDWI)以及矢状位 T_2 mapping。成像参数:矢状位 FS - PDWI:TR 3400.0ms,TE 24.0ms,FOV $170 \times 170 \text{ mm}$,矩阵 288×320 ,扫描时间 4min 44s; T_2 mapping:采用 5 个回波 SE 序列矢状位扫描,TR 1950.0ms,TE 13.8/27.6/41.4/5.2/69ms,FOV $140 \times 140 \text{ mm}$,矩阵 384×148 ,扫描时间 8min 42s。(3)图像处理:将所得图像传输至 Syngo Workplace (德国 Siemens 公司)后处理工作站,首先对所得到的所有受试者的 FS - PDWI 图像进

行分析,由两位高年资的放射科医师进行双盲读片,排除 PDWI 有异常信号但是无临床症状的受试者,将剩余所有受试者入组,完成数据测量及记录。 T_2 时间测定:根据不同 TE 时间,得到软骨 T_2 加权信号 - TE 衰减曲线,并拟合得到膝关节半月板 T_2 时间空间分布伪彩图,同时也得到半月板感兴趣区(region of interest, ROI) T_2 时间。分别测量膝关节内、外侧半月板的前角、后角、体部的 T_2 时间,感兴趣区选在半月板显示最好层面,每区在不同部位均测量 3 次,取平均值作为该区域的半月板 T_2 时间平均值。记录半月板不同区域的 T_2 时间均值。

3. 统计学方法:采用一般线性模型分析混杂因素(年龄、性别和 BMI)对结果的影响。对半月板同一部位运动前后的 T_2 时间进行配对 t 检验;选择方差分析比较膝关节半月板不同部位及不同体力活动水平志愿者半月板 T_2 时间变化程度差异,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 基本情况:所有受试者半月板 FS - PDWI 扫描显示均未发现异常信号(图 1A、图 1B)。所有受试者的一般情况如年龄、性别、BMI 对于不同区域半月板运动前后 T_2 值的变化差异均无统计学意义。40 例志愿者的体力活动 IPAQ 评分的平均值是 2624 MET/周(1056 - 6212 MET/周)。

2. 半月板 T_2 弛豫时间图表现:运动前半月板呈暗蓝色阶,信号均匀一致(图 1C)。运动后关节腔内滑液稍增多,半月板相应部位呈亮蓝色阶,局部呈绿色(图 1D)。

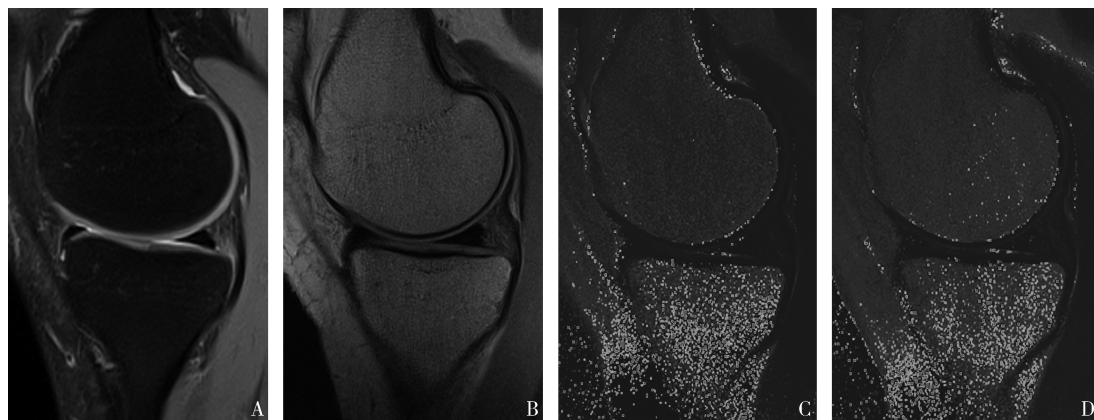


图 1 膝关节半月板 T_2 弛豫时间图表现

A. FS - PDWI 图像:未发现临床隐匿半月板病变;B. T_2 mapping 解剖图;C. 运动前 T_2 mapping 伪彩图:运动前半月板 T_2 弛豫时间伪彩图呈暗蓝色阶,代表运动前半月板整体 T_2 值较低,ROI 的 T_2 时间为 7.6ms;D. 运动后膝关节半月板 T_2 弛豫时间伪彩图显示半月板周围滑液增多,半月板呈亮蓝色阶,局部可见代表较高 T_2 时间的绿色像素(箭头所示),ROI 的 T_2 时间为 15.8ms

3. 运动前后半月板各部位 T_2 值:MR T_2 mapping 图像定量测量结果显示,运动后半月板内侧体部、内侧前角、内侧后角、外侧体部、外侧前角、外侧后角 6 个部位 ROI T_2 值分别为 17.08 ± 1.51 、 17.16 ± 1.22 、 17.57 ± 1.28 、 16.91 ± 1.69 、 17.20 ± 2.10 、 17.28 ± 1.59 ms,分别大于运动前的 11.81 ± 1.75 、 11.97 ± 1.12 、 11.58 ± 1.08 ms、 16.98 ± 1.74 、 11.96 ± 1.53 、 11.44 ± 1.81 ms,差异均有统计学意义($P < 0.05$,表 1)。根据 LSD 分析结果发现,外侧半月板体部 T_2 值增高趋势小于内侧前角、后角及外侧前角,但其余 5

个分区之间变化程度差异无统计学意义。

表 1 膝关节半月板各分区运动前后 T_2 时间测量结果

分区	运动前(ms)	运动后(ms)	t	P
半月板内侧体部	11.81 ± 1.75	17.08 ± 1.51	23.90	0.000
半月板内侧前角	11.97 ± 1.12	17.16 ± 1.22	23.18	0.000
半月板内侧后角	11.58 ± 1.08	17.57 ± 1.28	29.14	0.000
半月板外侧体部	16.98 ± 1.74	16.91 ± 1.69	24.45	0.000
半月板外侧前角	11.96 ± 1.53	17.20 ± 2.10	21.71	0.000
半月板外侧后角	11.44 ± 1.81	17.28 ± 1.59	26.41	0.000

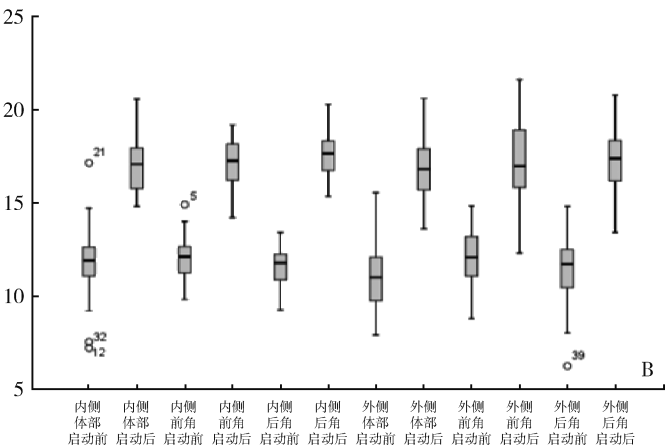
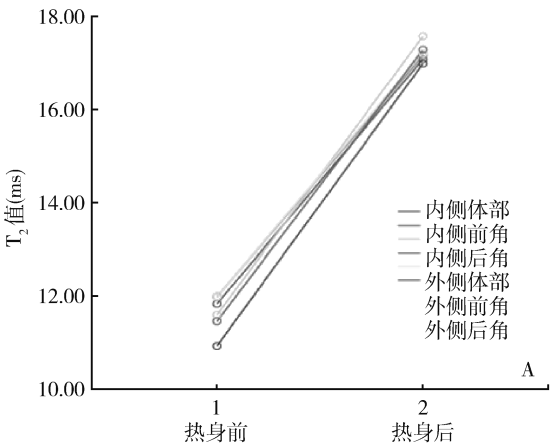


图 2 运动前后各部分 T_2 值变化

A. 运动前半月板各部位 T_2 值变化;B. 运动后半月板各个区域 T_2 时间分别较运动前增高

表 2 半月板不同分区 T_2 时间升高程度比较

部位	内侧体部	内侧前角	内侧后角	外侧体部	外侧前角	外侧后角
内侧体部		0.11, 0.712	0.13, 0.685	-0.50, 0.109	0.13, 0.662	-0.09, 0.782
内侧前角	-0.12, 0.712		0.01, 0.971	-0.61, 0.049 *	0.02, 0.946	-0.20, 0.518
内侧后角	-0.13, 0.685	-0.01, 0.971		-0.64, 0.045 *	0.01, 0.975	-0.21, 0.495
外侧体部	0.50, 0.109	0.62, 0.049 *	0.62, 0.045 *		0.64, 0.042 *	0.41, 0.185
外侧前角	-0.13, 0.662	-0.02, 0.946	-0.01, 0.975	-0.64, 0.042 *		-0.22, 0.475
外侧后角	0.09, 0.782	0.20, 0.518	0.21, 0.495	-0.41, 0.185	0.22, 0.475	

单元格内容为均值差值(首行单元格内容-单列单元格内容),* $P < 0.05$

4. 不同体力活动水平志愿者半月板 T_2 时间变化程度比较:根据樊萌语等^[1]提供的 IPAQ 计算方法将志愿者的个体体力活动水平分为高、中、低 3 组,根据 LSD 分析结果发现,高强度分组志愿者半月板运动前后 T_2 时间升高程度高于中等强度及低强度分组志愿者(0.03,0.942;0.11,0.782),而中等强度分组志愿者半月板运动前后 T_2 时间升高程度高于低强度分组志愿者(0.08,0.832),但 3 组之间的变化差异并无统计学意义(表 3)。

表 3 不同体力活动水平志愿者半月板 T_2 时间升高程度比较

组别	低强度组	中等强度组	高强度组
低强度组		0.08, 0.832	0.11, 0.782
中等强度组	-0.08, 0.832		0.03, 0.942
高强度组	-0.11, 0.782	-0.03, 0.942	

单元格内容为:均值差值(首行单元格内容-单列单元格内容)

讨 论

运动健身对人体多个系统均有益,对于降低心血管疾病、糖尿病及精神疾病的发生风险具有明确价值^[2,3]。有研究表明,对于健康人,中等强度的运动

不仅不会增加骨关节炎的风险,还会起到保护关节的作用^[4]。有研究表明,马拉松运动前后半月板会发生生理性改变,但负荷更小的运动对半月板是否产生影响尚未见报道^[5]。人类走路和跑步的临界速率是 6~7km/h^[6]。而 Ikenaga 等^[7]定义慢跑即为速率小于临界速率(即 <7km/h)的跑步运动。热身活动的时间和方式需根据不同运动形式进行选择,但通常运动前热身时间在 5~20min 之间,而文献报道中 15min 最为常见^[8,9]。因此本研究选择 15min 慢跑作为实验条件,在此条件下正常人群都能达到适度的热身效果。但与其他时间及其他方式的热身活动相比,半月板信号变化是否有差异还需进一步研究。

Karupppasamy 等^[10]对 20 例健康志愿者膝关节半月板的研究发现,进行 30min 跑步后除半月板外侧后角外其他区域的 T_2 值均可见升高。Schueller - Weidekamm 等^[11]也报道了马拉松运动后半月板的信号增高,Christoph 等^[12]同样发现半月板 6 分区的 T_2 值在马拉松运动后均升高,3 个月后降低,但并未恢复正常。以上研究均表明,适量运动后半月板的 T_2 弛豫时间暂时升高,并且非永久性改变,经过一段时间可以恢复。本研究与上述国外研究结果相同,发现短时慢跑后半月板各个区域的 T_2 值均较前增高,这些结果表明,利用 MRT₂ mapping 技术可以敏感地检测出运动后半月板基质的变化。

国内外有研究者对膝关节软骨进行了类似研究,Mosher 等^[13]监测了 7 例志愿者跑步 30min 前后膝关节软骨的 T_2 值变化,发现股骨承重区的表面约 40% 软骨 T_2 值降低,Mosher 假设这种变化是由软骨受压引起的表面软骨纤维产生了明显的各向异性所导致。Karupppasamy 等^[10]的研究也提到跑步 30min 后,膝关节除外胫骨外侧平台软骨的所有软骨均可见 T_2 值降低,以胫股关节及髌股关节接触面软骨运动后 T_2 值下降最为明显,认为这种变化是因为软骨受压引起的软骨内水分丢失及纤维结构的各向异性导致。与其他膝关节软骨研究结果不同的是,本研究旨在显示较短时间的运动后对于半月板各部位 T_2 值的影响,研究结果表明运动后半月板与膝关节软骨的 T_2 值发生不同的变化。 T_2 mapping 是最近研究软骨组织最常用的一种影像学检查方法,作为一种敏感而有效的手段被应用到半月板的研究中。由于 T_2 值依赖于组织内水分子的相互作用,尤其是对胶原成分、方向、各向异性而产生的交互作用十分敏感^[14,15]。半月板是由水(74%)、I 型胶原、黏多糖和一些蛋白质组成的

纤维软骨。相比于透明软骨,半月板含有更高的 I 型胶原成分,因此半月板的 T_2 值比软骨的 T_2 值更低;并且透明软骨中的蛋白多糖含量远远高于纤维软骨, T_2 值与蛋白多糖之间的关系尚不明确,而 Watrin - Pinzano 等发现由透明质酸酶诱导的蛋白多糖的退变会引起 T_2 值明显升高,但这种变化在体内是一种长期作用的过程。

本研究与国外部分研究结果相同,认为健康人运动后半月板的 T_2 值有不同程度的升高,具体机制尚不明确,但认为主要有两个原因:活动可以使半月板内水的含量增加以及半月板受压力作用致使内部纤维结构改变。笔者认为运动中对半月板的挤压作用增加了半月板对周围关节腔内滑液的吸收,随着基质内水分的增加,半月板 T_2 时间也随之升高,这与笔者实验得出的结果一致。而不同于国外针对马拉松运动前后变化的研究,本研究结合运动医学相关成果选取慢跑 15min 作为实验条件,进一步证实了 T_2 mapping 技术在半月板研究中的敏感度,也对热身对于半月板的影响进行了清晰的阐明。

T_2 时间对胶原纤维结构的改变也比较敏感,但目前此方面的研究主要集中于透明软骨。一些研究者认为跑步运动后透明软骨 T_2 值降低主要是由于关节软骨表面胶原纤维的各向异性改变引起,认为关节软骨在压力作用下通过细胞外基质内高分子的重排而发生可逆的改变,目前对于半月板负重导致纤维改变而引起 T_2 值变化尚无比较清晰地认识^[9]。通过运动前后半月板 6 个区域横向对比发现,外侧半月板体部 T_2 值升高程度小于内侧前角、内侧后角及外侧前角,很可能是跑步运动对内侧半月板产生较大应力所致。但笔者研究样本较小,统计意义有限,对半月板内水分含量、胶原纤维与 T_2 时间的变化之间可能存在的更为复杂的相关关系等方面有待进一步研究。

此外根据志愿者 1 周内体力活动水平低、中等、高强度 3 组之间对比发现,高强度组志愿者半月板运动前后 T_2 时间升高程度高于中、低强度组,并且中等强度组志愿者半月板运动前后 T_2 时间升高程度高于低强度组,但 3 组之间的变化差异无统计学意义。Mesci 等^[16]发现高体力活动水平组的骨关节炎指数(WOMAC)评分更低,认为保持高水平的活动能够提高骨关节炎老年患者的活动能力。但日常活动水平高低对于健康人半月板影响未见报道,本研究提示日常活动高水平状态半月板活性高于中、低水平,但由于样本量小,结果变化差异无统计学意义,还需进行

进一步扩大研究,排除样本量影响。

本研究的不足之处在于样本量偏少,有待于进一步完善。另外由于热身方式的选择在很大程度上影响了半月板 T_2 时间的变化,因此在今后工作中需选择合理、可控的热身方式认真研究。综上所述,热身运动后半月板 T_2 时间明显升高,证明热身运动能促进半月板营养吸收。另外 T_2 mapping 作为一种生理成像技术,有望进一步在半月板的临床研究中得到更广泛的应用。

参考文献

- 1 樊萌语,吕筠,何平平. 国际体力活动问卷中体力活动水平的计算方法[J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(8):961-964
- 2 Powell KE, Paluch AE, Blair SN. Physical activity for health: What kind? How much? How intense? On top of what? [J]. Public Health, 2011, 32(32):349-365
- 3 Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise[J]. Med Sci Sports Exerc, 2011, 43(7):1334-1359
- 4 Hansen P, English M, Willick SE. Does running cause osteoarthritis in the hip or knee? [J]. Pm R, 2012, 4(Suppl):S117
- 5 Stahl R, Luke A, Ma CB, *et al.* Prevalence of pathologic findings in asymptomatic knees of marathon runners before and after a competition in comparison with physically active subjects - a 3.0 T magnetic resonance imaging study[J]. Skeletal Radiol, 2008, 37(7):627-638
- 6 Farinatti PT, Monteiro WD. Walk - run transition in young and older adults: with special reference to the cardio - respiratory responses [J]. Eur J Appl Physiol, 2010, 109(3):379-388
- 7 Ikenaga M, Yamada Y, Kose Y, *et al.* Effects of a 12 - week, short - interval, intermittent, low - intensity, slow - jogging program

on skeletal muscle, fat infiltration, and fitness in older adults: randomized controlled trial[J]. Eur J Appl Physiol, 2016;1-9

- 8 Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming - up on physical performance: a systematic review with meta - analysis[J]. J Strength Condition Res, 2009, 24(1):140-148
- 9 McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, *et al.* Warm - up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications[J]. Sports Med, 2015, 45(11):1523-1546
- 10 Karupppasamy S, Deepak K, Richard BS, *et al.* The acute effect of running on knee articular cartilage and meniscus magnetic resonance relaxation times in young healthy adult[J]. Am J Sports Med, 2012, 40(9):2134-2141
- 11 Schueller - Weidekamm C, Schueller G, Uffmann M, *et al.* Does marathon running cause acute lesions of the knee? Evaluation with magnetic resonance imaging[J]. Eur Radiol, 2006, 16(10):2179-2185
- 12 Christoph S, Anthony L, Robert S, *et al.* Meniscal T1rho and T_2 measured with 3.0T MRI increases directly after running a marathon [J]. Skeletal Radiol, 2011, 40:725-735
- 13 Mosher TJ, Smith HE, Collins C, *et al.* Change in knee cartilage T_2 at MR imaging after running: a feasibility study [J]. Radiology, 2005, 234(1):245-249
- 14 Stahl R, Blumenkrantz G, Carballido - Gamio J, *et al.* MRI - derived T_2 relaxation times and cartilage morphometry of the tibio - femoral joint in subjects with and without osteoarthritis during a 1 - year follow - up[J]. Osteoarthritis Cartilag, 2007, 15(11):1225-1234
- 15 Hani AF, Kumar D, Malik A S, *et al.* Non - invasive and in vivo assessment of osteoarthritic articular cartilage: a review on MRI investigations[J]. Rheumatol Int, 2015, 35(1):1-16
- 16 Mesci E, Icagasioglu A, Mesci N, *et al.* Relation of physical activity level with quality of life, sleep and depression in patients with knee osteoarthritis[J]. North Clin Istanbul, 2015, 2(3):215-221

(收稿日期:2016-12-12)

(修回日期:2017-01-12)

(上接第95页)

- 9 Luttrell K, Beltran M, Collinge CA. Preoperative decision making in the treatment of high - angle "vertical" femoral neck fractures in young adult patients. An expert opinion survey of the Orthopaedic Trauma Association's (OTA) membership [J]. J Orthop Traum, 2014, 28(9):221-225
- 10 Gotfried Y, Kovalenko S, Fuchs D. Nonanatomical reduction of displaced subcapital femoral fractures (gotfried reduction)[J]. J Orthop Trauma, 2013, 27(11):254-259
- 11 孙彦豹,王静,金宝城,等. 闭合复位动力髋螺钉联合防旋螺钉内固定治疗 PauwelsⅢ型股骨颈骨折[J]. 创伤外科杂志, 2013, 15(6):513-515
- 12 勘武生,郑琼,胡家朗,等. 切开复位与闭合复位治疗移位型股骨颈骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2011, 13(5):401-405
- 13 Ghayoumi P, Kandemir U, Morshed S. Evidence based update: open versus closed reduction[J]. Injury, 2015, 46(3):467-473
- 14 Aminian A, Gao F, Fedoriw WW, *et al.* Vertically oriented femoral neck fractures: mechanical analysis of four fixation techniques[J]. J Orthop Trauma, 2007, 21(8):544-548

- 15 刘粤,郑士伟,吴亮,等. 股骨颈骨折空心钉置入内固定后股骨颈的短缩[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(9):1599-1604
- 16 Bonnaire FA, Weber AT. Analysis of fracture gap changes, dynamic and static stability of different osteosynthetic procedures in the femoral neck[J]. Injury, 2002, 33(3):24-32
- 17 Davidovitch RI, Jordan CJ, Egol KA, *et al.* Challenges in the treatment of femoral neck fractures in the nonelderly adult[J]. J Trauma, 2010, 68:236-242
- 18 Stockton DJ, Lefavre KA, Deakin DE, *et al.* Incidence, magnitude, and predictors of shortening in young femoral neck fractures[J]. J Orthop Trauma, 2015, 29(9):293-298
- 19 Thien R, Herman A, Kedem P, *et al.* Osteosynthesis of unstable intracapsular femoral neck fracture by dynamic locking plate or screw fixation: early results[J]. J Orthop Trauma, 2014, 28:70-76
- 20 Mir HR, Edwards P, Sanders R, *et al.* Results of cephalomedullary nail fixation for displaced intracapsular femoral neck fractures[J]. J Orthop Trauma, 2011, 25(12):714-720

(收稿日期:2016-12-28)

(修回日期:2017-01-06)