

Research Paper

Comparing Relative Contrast in Three-dimensional Double-echo Steady State With Routine Sequences for a Better Diagnosis of Knee Cartilage Anomalies



Sepehr Lotfi Marangaloo¹, Amir Shahriar Ariamanesh², Behzad Aminzadeh³, Hormoz Abedi¹, Alireza Montazerabadi^{1*}

1. Medical Physics Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.
2. Department of Orthopedics, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.
3. Department of Radiology, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran



Citation Lotfi Marangaloo S, Ariamanesh A Sh, Aminzadeh B, Abedi H, Montazerabadi A. [Comparing Relative Contrast in Three-dimensional Double-echo Steady State With Routine Sequences for a Better Diagnosis of Knee Cartilage Anomalies (Persian)]. Quarterly of "The Horizon of Medical Sciences". 2020; 26(2):108-117. <https://doi.org/10.32598/hms.26.2.2008.1>

<https://doi.org/10.32598/hms.26.2.2008.1>



Received: 02 Jul 2019
Accepted: 22 Dec 2019
Available Online: 01 Apr 2020

ABSTRACT

Aims This study compared relative contrast values in three-dimensional Double Echo Steady State (DESS) sequences with two flip angles of 40 and 90 degrees and other routine sequences. The obtained data could help to prove the effects of this sequence, compared to the other routine sequences; accordingly, it could be applied for better detection of lesions resulting from cartilage abnormalities.

Methods & Materials Total, 15 patients, including 9 men (14-56 y) and 6 women (36-65 y) with knee pain symptoms were referred to us by an orthopedic physician. All of the investigated patients underwent Magnetic Resonance Imaging (MRI) using DESS sequences with two flip angles of 40 and 90 degrees, as well as STIR, PD, T2, and 3D FLASH. We analyzed the acquired images using the Radiant DICOM Viewer 4.6.9 software. We calculated relative contrast values for the selected SAGITAL images per sequence for each patient. The obtained data were analyzed using SPSS.

Findings Friedman and Wilcoxon statistical tests data revealed significant P values (<0.05) for all the sequences examined in this study. The DESS sequence with a flip angle of 90° presented the most relative contrast value with the average score of 77.2667. The FLASH sequence provided the worst result of 3.733 for the relative contrast value.

Conclusion The DESS sequence with 90° flip angle indicated the best relative contrast values and provided the best possible signal from the synovial fluid and the cartilage; therefore, it leads to the better examination of articular cartilage in terms of lesion. Accordingly, the DESS sequence with a flip angle of 90° was the optimal sequence to evaluate cartilage abnormalities among the examined sequences in this study.

Key words:
MRI, Osteoarthritis,
DESS protocol, STIR,
PD

Extended Abstract

1. Introduction

Two-dimensional spin-echo sequences are commonly used to study knee osteoarthritis. The Three-dimensional Double-echo Steady State (3D-DESS) imaging sequence

is among the sequences of Siemens Magnetic Resonance Imaging (MRI) machine. This sequence helps to diagnose lesions in knee cartilage by increasing the contrast difference between synovial joint fluid and cartilage. No comprehensive comparison has been made between the DESS sequence and other routine sequences to demonstrate the effectiveness of this sequence.

* **Corresponding Author:**

Alireza Montazerabadi, PhD.

Address: Medical Physics Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Tel: +98 (915) 1587761

E-mail: alireza.montazerabadi@gmail.com

Moriya et al. investigated the increase in flip angle from 10 to 90 degrees on Contrast-to-Noise Ratio (CNR). The CNR obtained for the 90-degree DESS sequence had the highest value [1].

Schaefer et al. compared the three DESS, PD FS FSE, and PD SPACE sequences in detecting cartilage anomalies on the human body patella. The DESS sequence provided better relative contrast values, compared to the other sequences [2].

In 1999, Mosher and Pruett conducted a comparative study between the FLASH and DESS sequences on patella cartilage phantom in an albumin solution to assess the diagnosis of cartilage lesions. The DESS sequence performed more effectively in assessing cartilage surface lesions.

We aimed to explore the effectiveness of the DESS sequence to better diagnose osteoarthritis-induced cartilage anomalies in the knee.

2. Materials and Methods

This study was performed on 15 patients suspected of having osteoarthritis at Shahid Kamyab and Imam Reza (AS) Hospitals of Mashhad University of Medical Sciences from April 2018 to March 2019.

Considering $s^2=30.25$ and $\bar{x}=18.2$ according to the previous similar article of Han et al. [21]; $d=.2\bar{x}$ and with the type I error of 0.05; the test power of 80%, and the 20% sample dropouts, the sample size was estimated to be 15 individuals.

A 1.5 T Siemens MRI machine (Avanto series, made in Germany) was used to obtain the required images. Quantitative image processing was performed using Radiant DICOM Viewer 4.6.9 software. Then, using SPSS, the obtained numerical values were compared. To perform statistical analy-

sis, the Friedman test and Wilcoxon signed-rank test were employed. $P<0.05$ was considered statistically significant.

3. Results

The Friedman test data for the measured values of relative contrast in the weight-bearing area indicated a significant relationship between the investigated sequences. According to the statistical tests performed for the sequences as well as the measured values of relative contrast for all sequences, the DESS sequence with a flip angle of 90° and an average value of 77.2667 has the best numerical value of relative contrast among the sequences. Besides, the FLASH sequence has the lowest value in this regard.

4. Conclusion

Moria et al. qualitatively compared the DESS sequence at the flip angles of 90° and 40°. Accordingly, the DESS sequence with a flip angle of 90° (due to better contrast difference between liquid and cartilage) led to more effective diagnosis of the lesion, compared to the DESS sequence with a flip angle of 40°. The quantitative results obtained by measuring the relative contrast in the present study agree with their findings.

The DESS sequence has significant capabilities in imaging cartilaginous lesions; thus, it is recommended to use this imaging sequence as a complementary sequence along with other routine sequences in medical imaging centers.

5. Conclusion

Due to the cooperation of all medical departments, there were no restrictions for performing this study. The DESS sequence is highly efficient for imaging knee cartilage, as well as knee joint fluid. Furthermore, it could improve the

Table 1. The scanning parameters used in this study

Scanning parameters Sequences	TR (ms)	TE (ms)	Cross-section Thickness (mm)	Number of Slides	FOV For Frequency Coding	FOV For Phase Coding	Scan Time (Second)	NEX (Number of Scans)
DESS90	21.36	7.57	1.5	64	180	100	6:30	1
DESS40	21.36	7.57	1.5	64	180	100	6:44	1
FLASH	10	4.92	1.5	64	180	100	4:09	1
STIR	3700	40	3	32	180	100	2:44	1
PD	2400	41	3	32	180	100	3:55	1
T2W FSE	3740	80	3	32	180	100	2:27	1

contrast ratio of joint fluid to cartilage; thus, it could help to better diagnose knee cartilage lesions.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This research project obtained code of ethics with the ID of IR.MUMS.MEDICAL.REC.1397.215, which was approved on 23.05.2018.

Funding

The financial resources of this project have been provided by the Research Center of Mashhad University of Medical Sciences and have been registered in the Pajouhan system (Code: 961866).

Authors' contributions

Conceptualization: Alireza montazerabadi, Amir shahriyar ariamanesh; Methodology: Behzad Aminzade; Investigation : Hormoz Abed, & Sepehr Lotfi; writing _review and editing: Sepehr Lotfi; Analysis: Alireza Montazerabadi, Sepehr Lotfi.

Conflicts of interest

There is no conflict of interest to be declared by the authors.

Acknowledgements

We are very grateful to Mashhad University of Medical Sciences Research Center as the funding provider of this research; Mashhad Medical Physics Department, Medical Imaging Department of Shahid Kamyab Hospital of Mashhad University of Medical Sciences, Orthopedic Department of Imam Reza Hospital of Mashhad University of Medical Sciences, and the esteemed board that guided us in carrying out this research. Eventually, we would like to thank the esteemed officials of Ofogh-e-Danesh Scientific-Research Journal, who helped us in developing this article in the best possible manner by providing us their best guidance.

بهبود کنتراست نسبی در سکناس تصویربرداری سه‌بعدی DESS به منظور تشخیص بهتر ناهنجاری‌های غضروفی زانو

سپهر لطفی مرنگلو^۱، امیر شهریار آریامنش^۲، بهزاد امین‌زاده^۳، هرمز عابدی^۱، *علیرضا منتظرآبادی^۱

۱. مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

۲. بخش ارتوپدی، گروه بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

۳. گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۱ تیر ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۰۱ دی ۱۳۹۸

تاریخ انتشار: ۱۳ فروردین ۱۳۹۹

اهداف: هدف از این مطالعه، مقایسه مقادیر کنتراست نسبی در سکناس‌های سه‌بعدی DESS با دو زاویه فلیپ ۴۰ و ۹۰ درجه با سایر سکناس‌های روتین به منظور اثبات کارآمدی این سکناس در مقایسه با سایر سکناس‌های رایج نظیر سکناس STIR، T2، PD و سکناس سه‌بعدی FLASH در مشاهده بهتر ضایعات حاصل از ناهنجاری‌های غضروفی در تصویربرداری تشدید مغناطیسی است.

مواد و روش‌ها: ۱۵ بیمار که شامل ۹ آقا (۱۴-۵۶ سال) و ۶ خانم (۳۶-۶۵ سال) که دارای علائم زانودرد بودند با معرفی پزشک ارتوپد تحت تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) با استفاده از سکناس‌های سه‌بعدی DESS با دو زاویه فلیپ ۴۰ و ۹۰ درجه با سکناس‌های PD، STIR، T2 و سکناس سه‌بعدی FLASH قرار گرفتند و تصاویر حاصل با استفاده از نرم‌افزار Radiant DICOM Viewer 4.6.9 مورد آنالیز قرار گرفت و مقادیر کنتراست نسبی برای تصاویر ساژیتال انتخاب‌شده در هر سکناس برای هر بیمار به دست آمد. آنالیز آماری داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نسخه ۱۶ نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد.

یافته‌ها: تست‌های آماری فریدمن و ویلکاکسون مقادیر معنادار P (کمتر از ۰/۰۵) را بین تمام سکناس‌های موردبررسی در این مطالعه نشان دادند. سکناس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه با داشتن میانگین مقدار کنتراست نسبی ۷۷/۲۶۶۷ دارای بهترین مقدار بود و در این بین سکناس FLASH با داشتن مقدار ۳/۷۳۳ دارای کمترین مقدار میانگین کنتراست نسبی بود.

نتیجه‌گیری: سکناس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه دارای بهترین مقادیر کنتراست نسبی بود و بهترین سیگنال ممکن را از محل مایع مفصلی و نیز محل غضروف در تصویر فراهم کرد و بدین ترتیب امکان بررسی هرچه بهتر غضروف مفصلی را از نظر داشتن ضایعه مهیا می‌کند؛ بنابراین سکناس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه بهترین سکناس برای بررسی ناهنجاری‌های غضروفی در بین سکناس‌های مورد بررسی این مطالعه است.

کلیدواژه‌ها:

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)، استئوآرتروز، پروتکل DESS، PD، STIR

مطالعه روی استئوآرتروز در زانو به منظور تشخیص زودهنگام این بیماری در سال‌های اخیر افزایش یافته است [۴].

مقدمه

در حال حاضر روش‌های مختلف تصویربرداری (رادیوگرافی، ارتروگرافی، سی‌تی اسکن، تصویربرداری تشدید مغناطیسی) برای تشخیص استئوآرتروز در دسترس هستند که در این بین رادیوگرافی به عنوان روش تصویربرداری استاندارد برای تشخیص بیماری استئوآرتروز شناخته می‌شود [۶، ۵]. ولی رادیوگرافی فقط می‌تواند تغییرات ثانویه در استخوان نظیر تشکیل استئوفیت (نمای استخوانی که نشان‌دهنده از دست رفتن غضروف در مفصل است) را نشان دهد و نمی‌تواند تغییرات اولیه حاصل از بیماری را در مراحل شروع بیماری نظیر ضایعات ریز را به تصویر بکشد و مشاهده روند پیشرفت بیماری از این طریق میسر نیست [۷].

بیماری استئوآرتروز یک بیماری مفصلی مزمن است که با تخریب و از دست دادن غضروف مفصلی همراه است و دارای علائم بالینی نظیر درد، سفتی ناحیه درگیر و اختلال عملکرد در ناحیه مورد نظر است [۱]. به طور کلی این بیماری مفاصل مربوط به نواحی مختلف بدن نظیر استخوان هیپ، زانو، ستون فقرات و دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در حال حاضر به یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در جوامع امروزی در افراد مسن تبدیل شده است [۲، ۳]. با توجه به فراوانی بیماران مراجعه‌کننده به کلینیک‌ها با علائم مربوط به استئوآرتروز در زانو و همچنین با توجه به افزایش تعداد افراد مبتلا به این بیماری، توجه به انجام

* نویسنده مسئول:

دکتر علیرضا منتظرآبادی

نشانی: مشهد، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی.

تلفن: ۱۵۸۷۷۶۱ (۹۱۵) ۹۸+

پست الکترونیکی: alireza.montazerabadi@gmail.com

DESS و سایر سکانس‌های روتین در جهت اثبات کارآمدی این سکانس صورت نگرفته است.

به منظور تشخیص بهتر ضایعات غضروفی و با توجه به ویژگی سکانس DESS در بهبود مقادیر کنتراست نسبی (کنتراست مایع سینویال نسبت به غضروف)، در این مطالعه کنتراست نسبی را در سکانس DESS با دو زاویه فلیپ ۹۰ و ۴۰ درجه با سکانس‌های روتین مقایسه می‌کنیم تا کارآمدی این سکانس را در مقایسه با بقیه سکانس‌های روتین مورد سنجش قرار دهیم.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۱۵ بیمار که دارای علائم زانو درد بودند توسط جراح ارتوپد جهت انجام ام‌آر‌آی به مرکز تصویربرداری پزشکی بیمارستان شهید کامیاب دانشگاه علوم پزشکی مشهد معرفی شدند این مطالعه در بازه زمانی تیر ۱۳۹۷ تا اسفند ۱۳۹۷ در مشهد انجام شد.

روش نمونه‌گیری

با لحاظ کردن $s^2 = 30/25$ و $\bar{x} = 18/2$ طبق مقاله مشابه قبلی هان و همکاران [۲۱] در سال ۲۰۱۵ و همچنین با در نظر گرفتن $d = 2\bar{x}$ و با مقدار خطای نوع اول ۰/۰۵ و توان آزمون ۸۰ درصد و با لحاظ کردن ریزش ۲۰ درصدی، حجم نمونه برابر ۱۵ نفر گرفته شد.

روش انجام کار

از ۱۵ بیمار شامل ۹ آقا (۵۶-۱۴ سال) و شش خانم (۳۶-۶۵ سال) که با علائم بیماری استئوآرتریت و نیز زانو درد به پزشک ارتوپد مراجعه کرده بودند، پس از امضای فرم رضایت‌نامه توسط بیماران اقدام به انجام ام‌آر‌آی کردیم. تصاویر سکانس‌های سه‌بعدی DESS با دو زاویه فلیپ ۴۰ و ۹۰ درجه و نیز سایر سکانس‌های روتین را که عبارت‌اند از سکانس FLASH و سکانس های PD FSE، T2 W FSE و STIR با دستگاه ام‌آر‌آی یک و نیم تسلا زیمنس (سری آوانتو ساخت کشور آلمان) از بیماران به دست آوردیم، سپس اقدام به پردازش کمی تصاویر کردیم. پارامترهای اسکن استفاده‌شده در انجام این مطالعه در جدول شماره ۱ لیست شده است.

پردازش کمی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار Radiant DICOM Viewer 4.6.9 انجام شد. مقادیر کنتراست نسبی را با رسم ROI‌های دایره‌ای شکل در نواحی مختلف تصاویر با نظر متخصص رادیولوژی به دست آوردیم و سپس با استفاده از نسخه ۱۶ نرم‌افزار آماري SPSS مقادیر عددی به دست آمده را با هم مورد مقایسه قرار دادیم. با مشورت پزشک رادیولوژیست ROI‌ها را در ناحیه Bearing weight مفصل زانو که در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است، رسم کردیم تا مقادیر شدت سیگنال را در محل

تصویربرداری تشدید مغناطیسی یک روش غیرتهاجمی برای به تصویر کشیدن بافت‌های بدن است و توانایی آن در به تصویر کشیدن بافت نرم با کنتراست عالی باعث شده است تا این روش نسبت به سایر روش‌های تصویربرداری در ارزیابی ناهنجاری‌های غضروفی ترجیح داده شود [۸]. به طور کلی به منظور تشخیص زودهنگام تغییرات ایجادشده در غضروف زانو باید از تکنیکی استفاده کرد که بتواند تصاویری با رزولوشن بالا، سیگنال با نویز بالا همراه با اشباع مناسب چربی و نیز کنتراست نسبی خوب بین مایع سینویال و غضروف ایجاد کند و علاوه بر این مراحل مربوط به پردازش تصویر نیز در زمان قابل قبولی انجام شود [۹، ۱۰].

در حال حاضر به طور متداول برای انجام مطالعه روی استئوآرتریت در زانو از سکانس‌های دو‌بعدی اسپین اکو^۱ نظیر PD spin echo، T2W spin echo و STIR استفاده می‌شود و در واقع سکانس‌های دو‌بعدی اسپین اکو جزء سکانس‌های توصیه‌شده توسط جامعه جهانی مطالعات روی استئوآرتریت هستند [۱۱].

سکانس‌های سه‌بعدی دارای مزایای زیادی هستند، از جمله اینکه قادرند مجموعه دیتاهای حجمی با رزولوشن یکسان را به دست آورند و نیز در این سکانس‌ها اندازه برش‌ها نازک (کمتر از ۲ میلی‌متر) است که باعث می‌شود تا برش‌هایی به هم پیوسته و بدون فاصله ایجاد شود که این امر آرتیفکت حجم جزئی را به کمترین مقدار ممکن می‌رساند [۱۲، ۱۳]. تکنیک‌های سه‌بعدی دارای عدم مزیت‌هایی از جمله زمان‌های اسکن طولانی هستند که به کارگیری این تکنیک‌ها را تا حدودی با مشکل مواجه می‌کنند؛ بنابراین بایستی از سکانس تصویربرداری‌ای استفاده کرد که بتواند خصوصیات ذاتی بافت موردنظر (در این پژوهش تفاوت بین مایع سینوویال و غضروف) را بهتر به تصویر بکشد [۱۴].

سکانس‌های گرادیان اکوی فراخوانی‌شده^۲ اولین سکانس‌های سه‌بعدی‌ای بودند که به منظور ارزیابی ناهنجاری‌های غضروفی در زانو استفاده شدند [۱۵]. در حال حاضر نیز سکانس‌های مختلف گرادیان اکوی فراخوانی‌شده نظیر FLASH یا SPGR در بیشتر دستگاه‌های MRI وجود دارند و به طور گسترده به منظور بررسی ناهنجاری‌های غضروفی در زانو مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۶].

سکانس تصویربرداری 3D DESS یکی از سکانس‌های دستگاه ام‌آر‌آی زیمنس است. این سکانس از طریق افزایش اختلاف کنتراست بین مایع مفصلی سینوویال و غضروف به تشخیص ضایعات موجود در غضروف زانو کمک می‌کند [۱۷]. بررسی‌های بسیار کمی در رابطه با کارآمدی این سکانس در مقایسه با سایر سکانس‌ها در تصویربرداری تشدید مغناطیسی در زانو صورت گرفته است [۱۸-۲۰]. تاکنون نیز هیچ مقایسه‌ای بین سکانس

1. Spin echo
2. Gradient Echo (GRE)
3. 3 Dimensional double echo steady state

گزارش شده است. مقایسه میانگین رتبه‌ها که در جدول شماره ۴ آمده است نشان می‌دهد که بالاترین میانگین رتبه مربوط به سکانس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه است. تصویر شماره ۲ نیز تصاویر مقایسه‌ای بر اساس کنتراست‌های نسبی اندازه‌گیری شده برای هر سکانس را نشان می‌دهد.

بحث

هدف از این مطالعه بررسی کارآمدی سکانس DESS در مقایسه با سایر سکانس‌های روتین به منظور تشخیص بهتر ضایعات غضروفی ناشی از بیماری استئوآرتریت و نیز نشان دادن این که کدام یک از سکانس‌های مورد بررسی در این مطالعه می‌تواند بهترین کنتراست ممکن را بین غضروف و مایع مفصلی ایجاد کند است. برای این منظور ۱۵ فرد با علائم درد در مفصل زانو را که پزشک ارتوپد وجود ضایعه در محل زانوی آن‌ها را تأیید کرده بود مورد مطالعه قرار دادیم.

اندازه‌گیری مقادیر کنتراست نسبی در این مطالعه برای هر کدام از سکانس‌ها در قسمت Weight bearing زانو به ما نشان داد که سکانس سه‌بعدی DESS در هر دو زاویه ۴۰ و ۹۰ درجه دارای نتایج بهتری نسبت به سایر سکانس‌های مورد مقایسه در این مطالعه است و در واقع قادر است بهترین کنتراست ممکن را بین مایع سینوویال و غضروف ایجاد کند. این ویژگی سکانس DESS در افزایش سیگنال مایع و غضروف بی‌شک این سکانس را به یک سکانس قوی در زمینه بررسی‌های غضروفی و ناهنجاری‌های غضروفی ناشی از بیماری‌های مفصلی نظیر استئو آرتрит تبدیل خواهد کرد؛ چراکه افزایش کیفیت تصویر و افزایش سیگنال از محل غضروف و مایع سینوویال پزشک را قادر خواهد ساخت تا دید بهتری از محل ضایعه داشته باشد و بنابراین به تشخیص بهتر بیماری کمک خواهد.

مایع سینوویال (S1) و غضروف (S2) به دست آوریم و با استفاده از فرمول شماره ۱ مقدار کنتراست نسبی^۴ را محاسبه کردیم. به منظور انجام آنالیزهای آماری از تست‌های آماری فریدمن^۵ و ویلکاکسون^۶ استفاده کردیم. مقادیر P‌های کمتر از ۰/۰۵ به عنوان مقادیر معنادار آماری در نظر گرفته شد.

$$1. \text{Relative Contrast} = \frac{SI1-SI2}{SI1+SI2} \times 100$$

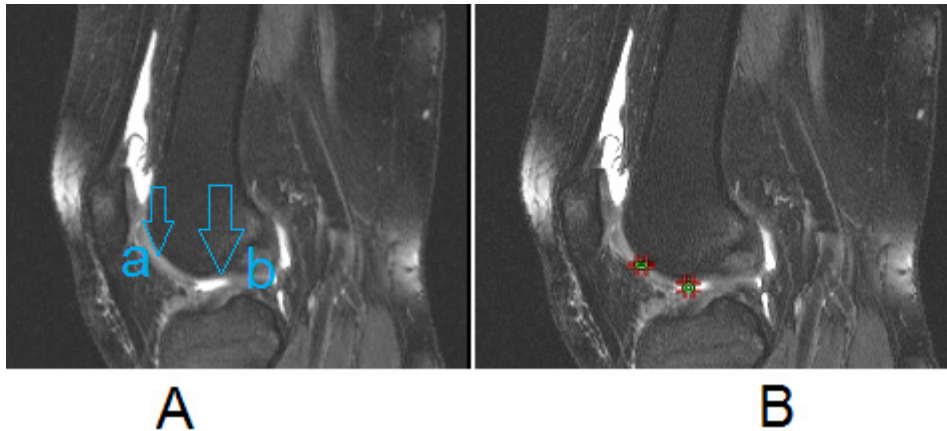
یافته‌ها

اجرای تست آماری فریدمن برای مقادیر اندازه‌گیری شده کنتراست نسبی در ناحیه Weight bearing وجود ارتباط معنادار بین سکانس‌ها را نشان داد. همچنین برای بررسی اینکه ارتباط معنادار بین کدام سکانس‌ها وجود دارد، از آزمون آماری ویلکاکسون استفاده کردیم که مقایسه‌های دوجه‌دو بین تمامی سکانس‌ها (۱۵ مقایسه دوجه‌دو) نشان‌دهنده ارتباط معنادار بین تمامی سکانس‌ها باهم است (جدول شماره ۲). در جدول شماره ۳ مقادیر میانگین کنتراست‌های نسبی اندازه‌گیری شده برای تمامی سکانس‌ها و نیز مقادیر انحراف معیار برای هر سکانس در جدول مربوطه لیست شده است. با توجه به آزمون‌های آماری اجرا شده برای سکانس‌ها و نیز با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده کنتراست نسبی برای تمامی سکانس‌ها، سکانس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه با مقدار میانگین ۷۷/۲۶۶۷ دارای بهترین مقدار عددی کنتراست نسبی در بین سکانس‌های مورد بررسی است و سکانس FLASH نیز دارای پایین‌ترین مقدار است. میانگین رتبه^۷ کنتراست نسبی برای هر کدام از سکانس‌ها در جدول شماره ۴

4. Relative contrast
5. FRIEDMAN test
6. Wilcoxon signed ranks
7. Mean rank

جدول ۱. پارامترهای اسکن استفاده شده در این مطالعه

NEX (تعداد دفعات اسکن)	زمان اسکن (ثانیه)	FOV در جهت کدگذاری فاز	FOV در جهت کدگذاری فرکانس	تعداد اسلایس‌ها	ضخامت مقطع (میلی‌متر)	(TE) ms	(TR) ms	پارامترهای اسکن سکانس‌ها
۱	۶:۳۰	۱۰۰	۱۸۰	۶۴	۱/۵	۷/۵۷	۲۱/۳۶	DESS90
۱	۶:۴۴	۱۰۰	۱۸۰	۶۴	۱/۵	۷/۵۷	۲۱/۳۶	DESS40
۱	۴:۰۹	۱۰۰	۱۸۰	۶۴	۱/۵	۴/۹۲	۱۰	FLASH
۱	۲:۴۴	۱۰۰	۱۸۰	۳۲	۳	۴۰	۳۷۰۰	STIR
۱	۳:۵۵	۱۰۰	۱۸۰	۳۲	۳	۴۱	۲۴۰۰	PD
۱	۲:۲۷	۱۰۰	۱۸۰	۳۲	۳	۸۰	۳۷۴۰	T2W FSE



افتخار دانش

تصویر ۱. نقاط نشان داده شده (a و b) در تصویر A به ترتیب نشان‌دهنده مایع سینویال و غضروف در محل weight bearing مفصل زانو هستند. دایره‌های سبزرنگ رسم‌شده در شکل B در واقع ROI‌های رسم‌شده متناظر با نقاط اشاره‌شده در تصویر A هستند.

جدول ۲. آزمون ویلکاکسون و مقایسه‌های دوبه‌دوی سکانس‌ها باهم

T2-PD	T2-STIR	PD-STIR	T2-FLASH	PD-FLASH	STIR-FLASH	T2-DESS40	PD-DESS40	STIR-DESS40	FLASH-DESS40	T2-DESS90	PD-DESS90	STIR-DESS90	FLASH-DESS90	DESS40-DESS90	سکانس‌های مقایسه‌شده
-۳/۴۲۹	-۳/۴۱۲	-۳/۴۱۸	-۳/۴۱۲	-۳/۴۱۰	-۳/۴۱۱	-۳/۴۱۷	-۳/۴۱۱	-۳/۴۱۱	-۳/۴۱۲	-۳/۴۱۰	-۳/۴۱۷	-۳/۴۰۸	-۳/۴۱۲	-۳/۴۱۲	Z
/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	/۰۰)	P

افتخار دانش

جدول ۳. میانگین مقادیر کنتراست نسبی برای هر سکانس

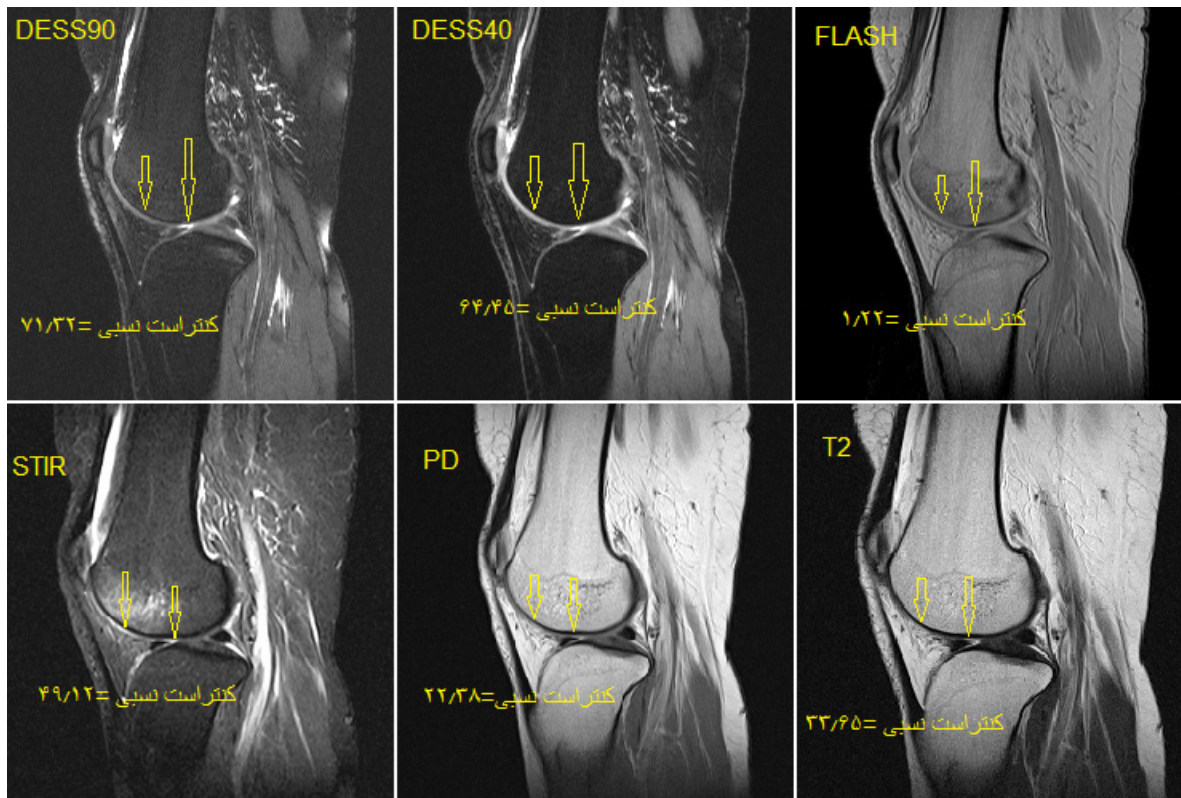
بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده	کمترین مقدار اندازه‌گیری شده	مقادیر انحراف معیار	میانگین مقادیر کنتراست نسبی اندازه‌گیری شده	سکانس‌های موردبررسی
۸۲/۰۰	۶۹/۰۰	۴/۲۶۷۲۶	۷۷/۲۶۶۷	DESS90
۶۹/۰۰	۵۵/۰۰	۳/۴۳۹۲۷	۶۳/۶۰۰۰	DESS40
۹/۰۰	۱/۰۰	۲/۵۷۶۴۵	۳/۷۳۳۳	FLASH
۵۷/۰۰	۴۲/۰۰	۴/۸۵۳۰۸	۵۰/۱۳۳۳	STIR
۲۷/۰۰	۱۵/۰۰	۳/۴۳۶۵۰	۲۱/۶۶۶۷	PD
۳۹/۰۰	۲۷/۰۰	۳/۹۷۲۵۲	۳۴/۲۶۶۷	T2

افتخار دانش

موریا و همکارانش [۲۲] در سال ۲۰۰۹ نیز مطالعه‌ای را برای بررسی افزایش زاویه فلیپ از ۱۰ تا ۹۰ درجه روی کنتراست به نوزادان انجام دادند. آن‌ها در این مطالعه تأثیر افزایش زاویه فلیپ را بر CNR در تصاویر سجتال به‌دست‌آمده از زانو بررسی کردند. CNR به‌دست‌آمده برای سکانس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه دارای بیشترین مقدار بود. در مطالعه حاضر نیز مقدار کنتراست

در مطالعه قبلی انجام‌شده [۱۹] در این زمینه که به مقایسه کیفی سکانس DESS در دو زاویه فلیپ ۹۰ و ۴۰ پرداخته است، سکانس DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه به دلیل ایجاد اختلاف بهتر کنتراست بین مایع و غضروف منجر به تشخیص بهتر ضایعه در مقایسه با سکانس DESS با زاویه فلیپ ۴۰ شده است که نتایج کمی حاصل از اندازه‌گیری کنتراست نسبی در این مطالعه نیز در توافق و تأیید با آن است.

8. Contrast to Noise Ratio (CNR)



افتخار دانش

تصویر ۲. تصویر زانوی یک بیمار خانم ۲۳ ساله با علامت درد در زانو. مقادیر کنتراست نسبی بین دو نقطه اشاره شده توسط فلش اندازه گیری شده است که نشان می دهد تصویر DESS با زاویه فلیپ ۹۰ درجه بهترین مقدار را دارد.

تشخیص ناهنجاری های غضروفی روی پتلاهی جسد انسان انجام دادند. آن ها برای این منظور از پنج جسد دست نخورده که در منفی ۴۰ درجه سانتی گراد قرار داشتند، استفاده کردند. ابتدا پتلاهی جسد ها تحت انجام ام آر آی قرار گرفتند و سپس بلافاصله ۱۰ ساعت بعد تمامی پتلاها توسط یک جراح ارتوپد از نظر آسیب غضروفی مورد بررسی قرار گرفتند. ارتوپد غضروف پتلا را از نظر تخریب به صورت کمتر از ۵۰ درصد، بیشتر از ۵۰ درصد و بدون تخریب گزارش کرد. مقادیر دقت برای PD FS FSE با

نسبی در زاویه فلیپ ۹۰ همانند مقدار CNR در زاویه فلیپ ۹۰ مقدار بیشتری را نسبت به آن مقادیر در زاویه فلیپ ۴۰ درجه نشان داد و با توجه به این مسئله می توان گفت مقادیر کنتراست نسبی و کنتراست به نوبت تأثیر تغییر زاویه فلیپ بوده و با افزایش آن رابطه مستقیم دارند.

شفر و همکارانش [۲۳] در سال ۲۰۰۷ مطالعه ای را به منظور مقایسه سه سکانس PD SPACE و DESS، PD FS FSE در

جدول ۴. میانگین رتبه های کنتراست نسبی برای سکانس ها

میانگین رتبه	سکانس های مورد بررسی
۶۱۰۰	DESS90
۵۱۰۰	DESS40
۴۱۰۰	STIR
۳۱۰۰	T2
۲۱۰۰	PD
۱۱۰۰	FLASH

افتخار دانش

منابع مالی این طرح پژوهشی توسط مرکز تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی مشهد تأمین شده است و با کد ۹۶۱۸۶۶ در سامانه پژوهان به ثبت رسیده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی: علیرضا منتظرآبادی، امیرشهریار آریامانش؛ روش شناسی: بهزاد امین زاده؛ تحقیق: هرمز عابد، و سپهر لطفی؛ نوشتن - بررسی و ویرایش: سپهر لطفی؛ تحلیل: علیرضا منتظرآبادی، سپهر لطفی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان هیچ تعارض منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی مشهد به خاطر تأمین بودجه انجام این کار پژوهشی و همچنین گروه محترم فیزیک پزشکی مشهد، بخش تصویربرداری پزشکی بیمارستان شهید کامیاب دانشگاه علوم پزشکی مشهد، گروه ارتوپدی بیمارستان امام رضا (ع) دانشگاه علوم پزشکی مشهد و هیئت محترم داوران که با راهنمایی‌های ارزنده خود ما را در انجام این کار پژوهشی یاری کردند کمال تقدیر و تشکر را داریم و در پایان نیز از مسئولان محترم مجله علمی پژوهشی افق دانش که در تمام مراحل پذیرش این مقاله با راهنمایی‌های ارزنده خود ما را در نگارش هرچه بهتر این مقاله یاری کردند، بسیار سپاسگزاریم.

۷۳/۹ درصد و برای سکانس DESS برابر با ۶۵/۲ درصد و برای سکانس PD SPACE برابر با ۶۰/۸ درصد گزارش شد. اگرچه در مطالعه حاضر مقادیر حساسیت و ویژگی برای سکانس‌ها محاسبه نشده است، ولی با توجه به این مسئله که سکانس DESS دارای مقادیر کنتراست نسبی بهتری نسبت به سایر سکانس‌هاست قابل پیش‌بینی است که سکانس DESS می‌تواند ضایعات را بهتر از سایر سکانس‌های مورد بررسی در این مطالعه به تصویر بکشد.

موشر و پیروت [۲۴] در سال ۱۹۹۹ یک مطالعه مقایسه‌ای بین دو سکانس FLASH و DESS با زاویه فلیپ ۴۰ روی یک فانتوم غضروف پتلا در محلولی از آلبومین به منظور ارزیابی تأثیر مقدار کنتراست غضروف نسبت به مایع در تشخیص ضایعات غضروفی انجام دادند. در این مطالعه هر دو سکانس توانستند کل ضخامت غضروف را به تصویر بکشند. تفاوت بین دو سکانس در این بود که سکانس FLASH نسبت به سکانس DESS در به تصویر کشیدن کنتراست غضروف به مایع ضعیف‌تر بود که همین امر نیز ارزیابی ضایعات سطحی غضروف را در ساختارهای حجیم با مشکل مواجه می‌کند. سکانس DESS برای ارزیابی ضایعات سطحی غضروف عملکرد بهتری داشت. در مطالعه حاضر نیز همان‌طور که نشان داده شد، سکانس DESS با هر دو زاویه فلیپ نتایج بهتری را نسبت به سکانس سه‌بعدی FLASH نشان دادند که این مسئله در تأیید و توافق نتایج حاصل از مطالعه موشر و پیروت است.

نتیجه‌گیری

سکانس تصویربرداری DESS با هر دو زاویه فلیپ ۹۰ و ۴۰ درجه بهترین سیگنال ممکن را از محل مایع سینوویال و غضروف فراهم می‌کند که همین ویژگی باعث ایجاد بهترین کنتراست نسبی ممکن بین غضروف و مایع سینوویال می‌شود و به موجب آن این سکانس امکان مشاهده بهتر غضروف را برای پزشک فراهم می‌کند و می‌تواند در مواردی که هدف، مشاهده ضایعات بسیار ریز و یا تمایز بین ضایعات به منظور تشخیص یک پاتولوژی خاص است، کمک‌کننده باشد. با توجه به نتایج مقایسه‌ای حاصل از این مطالعه سکانس سه‌بعدی DESS بهترین سکانس برای ارزیابی ضایعات غضروفی حاصل از بیماری استئوآرتریت است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این طرح پژوهشی دارای کد اخلاق با شناسه IR.MUMS.MEDICAL.REC.1397.215 است که در تاریخ ۱۳۹۷/۳/۲ به تصویب رسیده است.

حامی مالی

References

- [1] Shapiro LM, McWalter EJ, Son MS, Levenston M, Hargreaves BA, Gold GE. Mechanisms of osteoarthritis in the knee: MR imaging appearance. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2014; 39(6):1346-56. [DOI:10.1002/jmri.24562] [PMID] [PMCID]
- [2] Wildi LM, Martel-Pelletier J, Abram F, Moser T, Raynauld JP, Pelletier JP. Assessment of cartilage changes over time in knee osteoarthritis disease-modifying osteoarthritis drug trials using semiquantitative and quantitative methods: Pros and cons. *Arthritis Care & Research*. 2013; 65(5):686-94. [DOI:10.1002/acr.21890] [PMID]
- [3] Sharma L. Osteoarthritis year in review 2015: Clinical. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2016; 24(1):36-48. [DOI:10.1016/j.joca.2015.07.026] [PMID] [PMCID]
- [4] March LM, Bachmeier CJM. Economics of osteoarthritis: A global perspective. *Baillière's Clinical Rheumatology*. 1997; 11(4):817-34. [DOI:10.1016/S0950-3579(97)80011-8]
- [5] Coumas JM, Palmer WE. Knee arthrography: Evolution and current status. *Radiologic Clinics*. 1998; 36(4):703-28. [DOI:10.1016/S0033-8389(05)70057-9]
- [6] Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *The New England Journal of Medicine*. 1994; 331(14):889-95. [DOI:10.1056/NEJM199410063311401] [PMID]
- [7] Jones G, Ding C, Scott F, Glisson M, Cicuttini F. Early radiographic osteoarthritis is associated with substantial changes in cartilage volume and tibial bone surface area in both males and females. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2004; 12(2):169-74. [DOI:10.1016/j.joca.2003.08.010] [PMID]
- [8] Van Dyck P, Vanhevel F, Vanhoenacker FM, Wouters K, Grodzki DM, Gielen JL, et al. Morphological MR imaging of the articular cartilage of the knee at 3 T-comparison of standard and novel 3D sequences. *Insights into Imaging*. 2015; 6(3):285-93. [DOI:10.1007/s13244-015-0405-1] [PMID] [PMCID]
- [9] Peterfy CG, Gold G, Eckstein F, Cicuttini F, Dardzinski B, Stevens R. MRI protocols for whole-organ assessment of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2006; 14 Suppl A:A95-111. [DOI:10.1016/j.joca.2006.02.029] [PMID]
- [10] Siepmann DB, McGovern J, Brittain JH, Reeder SB. High-resolution 3D cartilage imaging with IDEAL SPGR at 3 T. *American Journal of Roentgenology*. 2007; 189(6):1510-5. [DOI:10.2214/AJR.07.2661] [PMID]
- [11] Hunter DJ, Guermazi A. Imaging techniques in osteoarthritis. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*. 2012; 4(5 Suppl):S68-74. [DOI:10.1016/j.pmrj.2012.02.004] [PMID]
- [12] Milewski MD, Smitaman E, Moukaddam H, Katz LD, Essig DA, Medvecky MJ, et al. Comparison of 3D vs. 2D fast spin echo imaging for evaluation of articular cartilage in the knee on a 3T system scientific research. *European Journal of Radiology*. 2012; 81(7):1637-43. [DOI:10.1016/j.ejrad.2011.04.072] [PMID]
- [13] Crema MD, Nogueira-Barbosa MH, Roemer FW, Marra MD, Niu J, Chagas-Neto FA, et al. Three-dimensional turbo spin-echo Magnetic Resonance Imaging (MRI) and semiquantitative assessment of knee osteoarthritis: Comparison with two-dimensional routine MRI. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2013; 21(3):428-33. [DOI:10.1016/j.joca.2012.12.011] [PMID]
- [14] Heron CW, Calvert PT. Three-dimensional gradient-echo MR imaging of the knee: Comparison with arthroscopy in 100 patients. *Radiology*. 1992; 183(3):839-44. [DOI:10.1148/radiology.183.3.1584944] [PMID]
- [15] Kijowski R, Blankenbaker DG, Woods M, Del Rio AM, De Smet AA, Reeder SB. Clinical usefulness of adding 3D cartilage imaging sequences to a routine knee MR protocol. *American Journal of Roentgenology*. 2011; 196(1):159-67. [DOI:10.2214/AJR.09.4095] [PMID]
- [16] Kijowski R, Gold GE. Routine 3D magnetic resonance imaging of joints. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2011; 33(4):758-71. [DOI:10.1002/jmri.22342] [PMID] [PMCID]
- [17] Hardy PA, Recht MP, Piraino D, Thomasson D. Optimization of a dual echo in the steady state (DESS) free-precession sequence for imaging cartilage. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 1996; 6(2):329-35. [DOI:10.1002/jmri.1880060212] [PMID]
- [18] Lavdas E, Topalzikis T, Mavroidis P, Kyriakis I, Roka V, Kostopoulos S, et al. Comparison of PD BLADE with Fat Saturation (FS), PD FS and T2 3D DESS with Water Excitation (WE) in detecting articular knee cartilage defects. *Magnetic Resonance Imaging*. 2013; 31(8):1255-62. [DOI:10.1016/j.mri.2013.06.007] [PMID]
- [19] Moriya S, Miki Y, Kanagaki M, Matsuno Y, Miyati T. 90°-flip-angle three-dimensional Double-Echo Steady-State (3D-DESS) magnetic resonance imaging of the knee: Isovoxel cartilage imaging at 3T. *European Journal of Radiology*. 2014; 83(8):1429-32. [DOI:10.1016/j.ejrad.2014.04.034] [PMID]
- [20] Roemer FW, Kwok CK, Hannon MJ, Crema MD, Moore CE, Jakicic JM, et al. Semiquantitative assessment of focal cartilage damage at 3T MRI: A comparative study of dual echo at steady state (DESS) and Intermediate-Weighted (IW) fat suppressed fast spin echo sequences. *European Journal of Radiology*. 2011; 80(2):e126-31. [DOI:10.1016/j.ejrad.2010.07.025] [PMID]
- [21] Han CH, Park HJ, Lee SY, Chung EC, Choi SH, Yun JS, et al. IDEAL 3D spoiled gradient echo of the articular cartilage of the knee on 3.0 T MRI: A comparison with conventional 3.0 T fast spin-echo T2 fat saturation image. *Acta Radiologica (Stockholm, Sweden: 1987)*. 2015; 56(12):1479-86. [DOI:10.1177/0284185114556097] [PMID]
- [22] Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Ishikawa M. Three-dimensional Double-Echo Steady-State (3D-DESS) magnetic resonance imaging of the knee: contrast optimization by adjusting flip angle. *Acta Radiologica (Stockholm, Sweden: 1987)*. 2009; 50(5):507-11. [DOI:10.1080/02841850902849444] [PMID]
- [23] Schaefer FK, Kurz B, Schaefer PJ, Fuerst M, Hedderich J, Graessner J, et al. Accuracy and precision in the detection of articular cartilage lesions using magnetic resonance imaging at 1.5 Tesla in an in vitro study with orthopedic and histopathologic correlation. *Acta Radiologica (Stockholm, Sweden: 1987)*. 2007; 48(10):1131-7. [DOI:10.1080/02841850701549583] [PMID]
- [24] Mosher TJ, Pruett SW. Magnetic resonance imaging of superficial cartilage lesions: Role of contrast in lesion detection. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 1999; 10(2):178-82. [DOI:1002/(SICI)1522-2586(199908)10:2<178::AID-JMRI11>3.0.CO;2-W]