



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2402022

(22) 21.11.2024

(46) Бюл. 231, 2026

(71)(72)(73) Сохибов Далер Каримжонович (TJ); Бобоев Манучехр Умарович(TJ); Бобохоцаев Октам Икрамович(TJ); Киёмидинов Хилолиддин Хусенбоевич (TJ)

(54) СПОСОБ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

(56) 1. Hounsfield G.N. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system // British Journal of Radiology. – 1973. – Vol. 46. – P. 1016–1022.

2. Bydder G.M., Young I.R. MR imaging: clinical use of the inversion recovery sequence // Journal of Computer Assisted Tomography. – 1985. – Vol. 9. – P. 659–675.

3. Dahlqvist J.R., Salim R., Thomsen C., Vissing J. A quantitative method to assess muscle edema using short T1 inversion recovery MRI // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – Article 16441.

4. Higashiyama T. et al. Signal intensity measurement of extraocular muscles in thyroid-associated ophthalmopathy using STIR MRI // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2013. – Vol. 54.

5. Ge Q., Zhang X., Wang X. et al. Quantitative evaluation of activity of thyroid-associated ophthalmopathy using STIR sequence // BMC Endocrine Disorders. – 2021. – Vol. 21. – Article 189.

(57) Изобретение относится к области медицины, а именно к лучевой диагностике и радиологии, и может быть использовано для диагностики

2

воспалительно-инфильтративных изменений костной ткани и мягких тканей при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ), преимущественно при спондилитах, спондилодисцитах, остеомиелите и туберкулёзном поражении костей.

Цель изобретения - разработать объективный количественный способа оценки воспалительных изменений при МРТ без использования ионизирующего излучения.

Поставленная цель достигается способом количественной оценки воспалительных изменений органов и тканей при магнитно-резонансной томографии (МРТ), включающий выполнение МРТ-исследования и анализ полученных изображений, отличающийся тем, что исследование проводят в импульсной последовательности STIR с подавлением жирового сигнала, на DICOM-изображениях выделяют область интереса в зоне патологического очага и определяют среднюю интенсивность сигнала в указанной области, затем выделяют область интереса в интактной ткани аналогичной анатомической локализации и определяют среднюю интенсивность сигнала контрольной области, после чего рассчитывают индекс воспаления как отношение средней интенсивности сигнала патологической зоны к средней интенсивности сигнала интактной ткани с последующей количественной оценкой выраженности воспалительного процесса по полученному значению индекса.

Изобретение относится к области медицины, а именно к лучевой диагностике и радиологии, и может быть использовано для диагностики воспалительно-инфильтративных изменений костной ткани и мягких тканей при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ), преимущественно при спондилитах, спондилодисцитах, остеомиелите и туберкулёзном поражении костей.

Известны способы количественной оценки состояния органов и тканей при компьютерной томографии (КТ), основанные на измерении коэффициента ослабления рентгеновского излучения в единицах Хаунсфилда (HU) [1]. Данный метод позволяет объективно оценивать плотность тканей и широко применяется в диагностике воспалительных, опухолевых и дегенеративных изменений. Однако способ КТ-денситометрии основан на использовании ионизирующего излучения, что ограничивает его применение у детей, беременных женщин и пациентов с иммунодефицитными состояниями, а также при необходимости динамического мониторинга.

Известно применение магнитно-резонансной томографии (МРТ) в последовательности STIR (Short Tau Inversion Recovery), обеспечивающей подавление сигнала от жировой ткани и визуализацию зон повышенного содержания воды (отёка) [2]. В клинической практике STIR-последовательность используется для выявления воспалительных изменений костного мозга и мягких тканей. Однако диагностика, как правило, носит качественный характер и основана на субъективной оценке гиперинтенсивности сигнала.

В научной литературе описаны отдельные подходы к количественной оценке интенсивности сигнала STIR. Так, в работе Dahlqvist J.R. и соавт. предложен количественный метод выявления мышечного отёка на основе статистического анализа распределения интенсивности пикселей [3]. Аналогичный подход измерения интенсивности сигнала STIR для оценки активности воспаления в глазодвигательных мышцах описан Higashiyama T. и соавт. [5].

Известные вышеприведенные аналоги : применяются к ограниченным нозологическим формам; не предусматривают универсального алгоритма расчёта индекса воспаления; не содержат унифицированных диагностических порогов для различных стадий воспалительного процесса; не ориентированы на применение в костной ткани и инфекционно-воспалительной патологии позвоночника; не регламентируют использование стандартного DICOM-просмотрщика как самостоятельного инструмента количественного анализа.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является способ количественной оценки активности воспаления по отношению интенсивности сигнала STIR (signal intensity ratio), описанный в работе Ge Q. и соавт. [4], принятый в качестве прототипа.

В работе Ge Q. и соавт. для оценки активности воспалительного процесса использовано отношение интенсивности сигнала патологической зоны к контрольной структуре (signal intensity ratio, SIR) [5]. Недостатком прототипа является его узкая клиническая направленность и отсутствие универсализированного алгоритма количественной диагностики воспалительных изменений костной и мягкой ткани с градацией выраженности процесса.

Цель изобретения - разработать объективный количественный способ оценки воспалительных изменений при МРТ без использования ионизирующего излучения.

Поставленная цель достигается способом количественной оценки воспалительных изменений органов и тканей при магнитно-резонансной томографии (МРТ), включающий выполнение МРТ-исследования и анализ полученных изображений, причем исследование проводят в импульсной последовательности STIR с подавлением жирового сигнала, на DICOM-изображениях выделяют область интереса в зоне патологического очага и определяют среднюю интенсивность сигнала в указанной области, затем выделяют область интереса в интактной ткани аналогичной анатомической локализации и определяют среднюю интенсивность сигнала контрольной области, после чего рассчитывают индекс воспаления как отношение средней интенсивности сигнала патологической зоны к средней интенсивности сигнала интактной ткани с последующей количественной оценкой выраженности воспалительного процесса по полученному значению индекса.

Техническим результатом является повышение объективности диагностики; снижение субъективности интерпретации МРТ; возможность динамического количественного мониторинга; исключение лучевой нагрузки.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе количественной оценки воспалительных изменений органов и тканей при магнитно-резонансной томографии исследование проводят в последовательности STIR с подавлением жирового сигнала, после чего на полученных DICOM-изображениях выделяют область интереса в зоне патологического очага и определяют среднюю интенсивность сигнала в указанной области (S_{очаг}), затем выделяют область интереса в интактной ткани аналогичной анатомической локализации и определяют среднюю интенсивность сигнала контрольной зоны (S_{норма}), после чего рассчитывают индекс воспаления (ИБ) по формуле:

$$ИБ = S_{\text{очаг}} : S_{\text{норма}}$$

где:

S_{очаг} — средняя интенсивность сигнала в зоне патологического очага;

S_{норма} — средняя интенсивность сигнала в интактной ткани.

При увеличении значения индекса воспаления по сравнению с единицей судят о наличии воспалительно-инфильтративных изменений, при этом количественная оценка величины индекса позволяет определить степень выраженности патологического процесса.

Предлагаемый способ обеспечивает объективизацию МРТ-исследования за счёт перехода от качественной визуальной оценки гиперинтенсивности сигнала к количественному расчетному показателю.

Заявленный способ осуществляют на магнитно-резонансном томографе с напряжённостью магнитного поля 1,5 Тл или 3,0 Тл, что обеспечивает получение изображений высокого качества с достаточным пространственным и контрастным разрешением для выявления воспалительных изменений. Для оценки патологического процесса используют импульсную последовательность STIR (Short Tau Inversion Recovery), позволяющую эффективно подавлять сигнал от жировой ткани. Применение данной последовательности повышает контрастность воспалительных очагов за счёт визуализации отёка и инфильтрации, которые характеризуются повышенной интенсивностью сигнала.

Параметры сканирования подбирают таким образом, чтобы обеспечить надёжное подавление жирового сигнала и оптимальную визуализацию патологических изменений.

Рекомендуемые значения параметров следующие:

TR (время повторения) - 3000–5000 мс;

TE (время эхо) - 40–70 мс;

TI (время инверсии) - 130–180 мс, что соответствует эффективному подавлению сигнала от жировой ткани;

Толщина среза - 3–5 мм, обеспечивающая достаточную детализацию анатомических структур при сохранении приемлемого времени исследования.

Указанные параметры могут варьировать в зависимости от технических характеристик используемого томографа, однако должны обеспечивать стабильное подавление жировой ткани и воспроизводимость количественной оценки интенсивности сигнала при расчёте индекса воспаления.

В области предполагаемого патологического очага на полученных МР-изображениях в режиме STIR выполняют выделение зоны интереса (ROI — Region of Interest). Контур ROI формируют таким образом, чтобы он максимально охватывал участок изменённой ткани, исключая включение соседних анатомических структур, сосудов и артефактов. В пределах выделенной области автоматически определяется среднее значение интенсивности сигнала (Mean), которое принимают за SI_{очаг}.

Далее в интактной ткани аналогичной анатомической локализации (предпочтительно на том же уровне исследования и при сопоставимых условиях визуализации) выделяют контрольную зону интереса (ROI). Размер и форма контрольной ROI должны быть сопоставимы с ROI патологического очага для обеспечения корректности сравнения. В данной области также определяют среднюю интенсивность сигнала, которую принимают за SI_{норма}.

После получения указанных значений рассчитывают индекс воспаления (ИВ) по формуле:

$$\text{ИВ} = \text{SI}_{\text{очаг}} : \text{SI}_{\text{норма}}$$

Полученный показатель используют для количественной оценки выраженности воспалительного процесса в соответствии с установленными диагностическими диапазонами.

По результатам клинического применения метода у 1680 пациентов была проведена оценка индекса воспаления (ИВ), на основании которого определялась выраженность патологического процесса.

Установлены следующие диагностические диапазоны показателя:

Норма. При физиологическом состоянии тканей индекс воспаления составляет 0,9–1,1, что свидетельствует об отсутствии признаков воспалительного процесса и патологических изменений.

Склеротические изменения. При снижении индекса воспаления менее 1,0 отмечаются склеротические процессы, характеризующиеся уплотнением тканей и уменьшением их функциональной активности.

Остеопороз. Показатели ИВ в пределах 1,2–1,4 соответствуют остеопорозу и отражают начальные структурные изменения костной ткани с уменьшением её плотности.

Начальный воспалительный процесс.

При значениях индекса воспаления 1,5–1,8 диагностируется ранняя стадия воспаления, сопровождающаяся умеренными клиническими проявлениями.

Выраженное воспаление. Повышение ИВ до 1,8–2,5 свидетельствует о развитии активного воспалительного процесса с выраженной клинической симптоматикой.

Абсцедирование. При значениях индекса воспаления более 2,5 определяется формирование гнойного очага (абсцесса), что указывает на тяжёлое течение патологического процесса и требует неотложных лечебных мероприятий.

Увеличение индекса воспаления более 1,5 свидетельствует о наличии воспалительно-инфильтративных изменений.

Динамическое изменение индекса в процессе лечения позволяет оценивать эффективность терапии.

Клинический пример осуществления способа.

Пациент А., 18 лет. Диагноз: внелёгочный туберкулёз, ВИЧ-инфекция.

С целью минимизации лучевой нагрузки и исключения использования методов ионизирующего излучения пациенту выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) позвоночника в режиме STIR (Short Tau Inversion Recovery), позволяющем наиболее чётко визуализировать воспалительные изменения и отёк тканей.

В ходе исследования проведена количественная оценка интенсивности сигнала (SI) в зоне патологического очага и в интактной (неизменённой) ткани. Интенсивность сигнала в области патологического очага (SI_{очаг}) составила 820 усл. ед. Интенсивность сигнала в интактной ткани (SI_{норма}) составила 400 усл. ед.

Для объективизации степени
воспалительного процесса рассчитан индекс воспаления (ИВ) по формуле:

$$ИВ = SI_{\text{очаг}} : SI_{\text{норма}} = 820:400 = 2,05$$

Соответственно, полученное значение индекса воспаления 2,05 соответствует диапазону 1,8–2,5, что характеризует выраженный воспалительно-инфильтративный процесс.

Таким образом, применение способа позволило количественно оценить активность патологического процесса и подтвердить наличие выраженного воспаления без использования лучевых методов диагностики.

Заявленный способ может быть реализован в любом лечебном учреждении, оснащённом МР-томографом и стандартным DICOM-просмотрщиком, без необходимости использования дополнительного оборудования. Метод не требует модификации МР-аппаратуры и может быть многократно воспроизведён.

4

Формула изобретения

Способ количественной оценки воспалительных изменений органов и тканей при магнитно-резонансной томографии (МРТ), включающий выполнение МРТ-исследования и анализ полученных изображений, отличающийся тем, что исследование проводят в импульсной последовательности STIR с подавлением жирового сигнала, на DICOM-изображениях выделяют область интереса в зоне патологического очага и определяют среднюю интенсивность сигнала в указанной области, затем выделяют область интереса в

интактной ткани аналогичной анатомической локализации и определяют среднюю интенсивность сигнала контрольной области, после чего рассчитывают индекс воспаления как отношение средней интенсивности сигнала патологической зоны к средней интенсивности сигнала интактной ткани с последующей количественной оценкой выраженности воспалительного процесса по полученному значению индекса.

Компьютерный набор: Газиев М.

Заказ	Тираж	Подписное
Национальный патентно-информационный центр РТ 734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14а		