

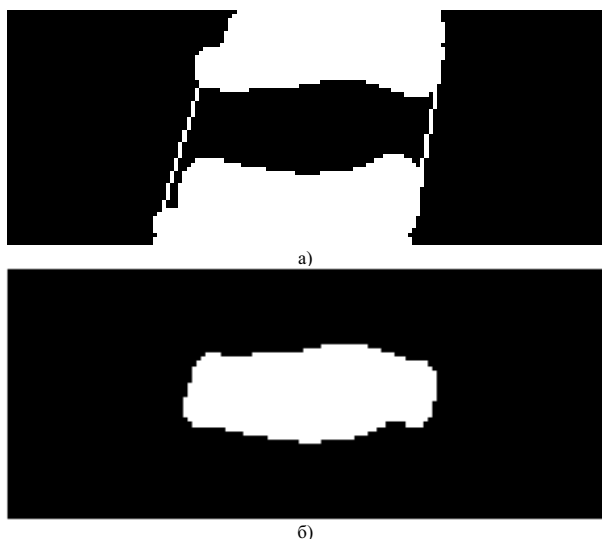


Рис. 10 Соединение боковых сторон позвонков (а) и МПД после морфологической обработки (б)

Для контроля качества выполненных манипуляций определяется контур МПД (рис. 11а) и накладывается на исходное микроизображение (рис. 11б). Анализируя соответствие реальной границы диска и контура, можно сделать вывод об удовлетворительном результате.

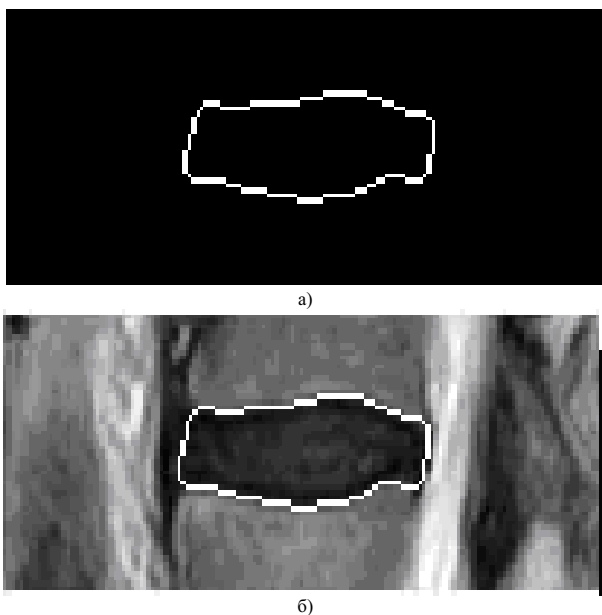


Рис. 11 Контур МПД (а) и его наложение на исходное микроизображения (б).

Заключение. В ходе данного исследования, нами разработана компьютерная программа, позволяющая в автоматическом режиме путём анализа цифровых МРТ позвоночника, идентифицировать изображения МПД для последующей обработки с целью оценки состояния изучаемых структур, что будет способствовать повышению качества диагностики, выявлению патологических изменений на раннем этапе развития, формированию базы данных, динамическому наблюдению за состоянием позвоночника в практических и научно-исследовательских целях и интеграции в коммуникативную информационную среду для оптимизации телемедицинских консультаций. Разработанная программа позволяет в ходе компьютерного анализа цифровых МРТ позвоночника изучить совокупность характерных признаков – средний уровень яркости и среднее квадратичное отклонение яркости от среднего уровня, высоту и ширину диска, угол наклона относительно горизонтальной линии, форму диска, что позволяет полу-

чить объективную количественную характеристику каждого диска, как в отдельности, так и интегральную оценку состояния дисков всего изучаемого отдела позвоночника.

Литература

1. Кузнецов, В.Ф. Вертеброневрология: клиника, диагностика и лечение заболеваний позвоночника / В.Ф. Кузнецов. – Мн.: Книжный Дом, 2004. – 640 с.
2. Методы компьютерной обработки изображений. / Под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2001.
3. Michopoulou, S. Texture-based quantification of lumbar intervertebral disc degeneration from conventional T2-weighted MRI / S. Michopoulou, L. Costaridou, M. Vlychou, R. Speller, A. Todd-Pokropek // Acta Radiologica 2011; 52: 91-98.
4. Degenerative disc disease / M. Modic [et al.] // Radiology 1998; 199: 193-199.

COMPUTER PROGRAMME FOR ANALYZING DIGITAL MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHY OF LUMBOSACRAL PART OF SPINE

N.YE. KOMLEVA, S.K. DAUROV, A.A. BOLSHAKOV, V.P. GLAZKOV, V.V. BAUTKIN, A.A. MARYANOVSKY

Saratov Research Institute of Agricultural Hygiene,
Saratov State Technical University
Russian State Medical University after N.I. Pirogov

A computer programme for analyzing digital magnetic resonance tomograms of spine has been created, which allows automatic identifying the intervertebral disc for assessing its state.

Key words: computer analysis, intervertebral disc, magnetic resonance tomography.

УДК 611.711.004.9

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ ЦИФРОВЫХ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММ

Н.Е. КОМЛЕВА*, О.Ю. РЕБРОВА**, С.К. ДАУРОВ***,
А.А. МАРЬЯНОВСКИЙ****

Разработан способ определения степени дегенеративных изменений межпозвонковых дисков при компьютерном анализе цифровых магнитно-резонансных томограмм позвоночника. Данный способ позволяет в автоматическом режиме определить среднюю яркость уровня серого, которая характеризует выраженность дегенеративных изменений межпозвонковых дисков. Индекс согласия между заключениями эксперта и компьютерного анализа может расцениваться как «очень хороший».

Ключевые слова: компьютерный анализ, межпозвонковый диск, МРТ, дегенеративные изменения.

Актуальность изучения состояния межпозвонковых дисков (МПД) обусловлена высокой частотой дискогенной патологии, способствующей развитию вертеброгенных болевых синдромов [4,6]. В настоящее время основным неинвазивным диагностическим методом для изучения структуры МПД является магнитно-резонансная томография. Однако оценку состояния МПД врачи радиологи представляют, как правило, в виде качественных показателей (за исключением количества и размера грыж и протрузий), характеризующих степень выраженности дегенеративных изменений, что затрудняет объективное представление о состоянии изучаемых структур и динамическое наблюдение. Кроме того, радиологи при анализе данных ориентируются на свои знания и опыт, что способствует увеличению доли субъективизма [3,7].

В ходе предшествующего исследования [5] нами разработан способ компьютерного анализа цифровых магнитно-резонансных томограмм (МРТ) пояснично-крестцового отдела

* ФБУН Саратовский НИИ сельской гигиены Роспотребнадзора, Адрес: 410022, г. Саратов, ул. Заречная, 1 А, NEKomleva@yandex.ru.

** НИИ клинико-экономической экспертизы и фармакоэкономики РНИМУ им. Н.И. Пирогова, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, o.yu.rebrova@gmail.com.

*** ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.», 410056, г. Саратов, ул. Сакко и Ванцетти, д. 15., daurovsk@mail.ru.

**** ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздравсоцразвития России, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, marjanovskiy@arnebia.ru.

позвоночника. Данный способ позволяет в автоматическом режиме посредством осуществления ряда последовательных операций осуществлять идентификацию МПД, формировать их микро-изображения и проводить дальнейшую обработку с целью получения совокупной характеристики признаков изучаемых объектов. Одним из наиболее значимых признаков является средняя яркость уровня серого, который характеризует выраженность дегенеративных изменений МПД [2,7] и определяется путем суммирования яркостей всех точек диска и деления на количество точек (представляют собой целые числа):

$$m = \frac{\sum_i \sum_j g(i, j)}{N} \quad (1)$$

где m – средняя яркость уровня серого (математическое ожидание), $g(i, j)$ – яркость текущей точки с координатами (i, j) , N – количество точек изображения.

Цель исследования – разработать способ определения степени дегенеративных изменений МПД на основании данных компьютерного анализа цифровых МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования послужили цифровые магнитно-резонансные томограммы (записанные на CD-диски) пояснично-крестцового отдела позвоночника пациентов Саратовского НИИ травматологии и ортопедии за 2008-2009 гг. Все изучаемые МРТ получены на одном аппарате с определёнными настройками: магнитный томограф APERTO HITACHI с уровнем магнитного поля 0,4 Тл, МРТ получены в Т2 режиме, с величиной TR=2 700 мс и TE=120 мс, матрицей 512×512.

При отборе МРТ критерием включения являлся возраст пациентов – от 20 до 70 лет. Для обеспечения высокой обобщаемости результатов исследования мы не применяли критерии исключения.

В журнале регистрации пациентов, проходивших обследование в отделении радиологии Саратовского НИИ травматологии и ортопедии, было отобрано подряд 50 пациентов, которым проведено исследование пояснично-крестцового отдела позвоночника и которые удовлетворяли критерию включения. Затем из архива были извлечены цифровые МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника отобранных пациентов и скопированы на CD-диски для дальнейшего анализа. Цифровые МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника были получены в Т2 режиме в саггитальной плоскости, проходящей через центр межпозвоночных дисков. В ходе компьютерного анализа были идентифицированы МПД и сформировано 250 их микроизображений для последующей обработки, из них исключили микроизображения МПД, на которых саггитальная плоскость проходила вне центра изучаемых объектов из-за нарушения осанки (39 микроизображений, 15,6%), и данный факт затруднял анализ. Таким образом, в исследование вошло 211 микроизображений МПД: L₁-L₂ – 47; L₂-L₃ – 44; L₃-L₄ – 46; L₄-L₅ – 37; L₅-S₁ – 36.

Статистический анализ данных выполнялся с использованием пакета прикладных программ STATISTICA фирмы StatSoft Inc. (США). Описательная статистика количественных признаков представлена средними и среднеквадратическими отклонениями в формате $M \pm s$, медианами и квартилями в формате $Me [LQ; UQ]$. Сравнение групп осуществлялось с помощью теста Манна-Уитни с поправкой Бонферрони (пороговый уровень статистической значимости – 0,01).

Для разработки способа определения степени дегенеративных нарушений МПД по данным компьютерного анализа МРТ МПД мы сравнивали результаты изучаемого теста с референтным диагнозом. За референтный диагноз принимали заключение врача-радиолога, основанное на анализе МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника (характеристика предоставлялась для каждого МПД). Учитывая, что референтный диагноз представляет собой качественную характеристику, а изучаемый тест (компьютерный анализ) – количественную (среднюю яркость уровня серого), с целью выбора оптимальных раздельных точек использовали рекомендации по использованию «оптимистического» и «пессимистического» подходов [1]. Эксперт (врач-радиолог) оценивал одни и те же МРТ изображения МПД дважды. При первичном анализе был применён «пессимистический» подход (настороженное отношение в плане патологии), при вторичном – «оптимистический». При этом от качественных оценок перешли к порядковым (рангам) – «определённо норма», «сомнительно» и «определённо патология».

Для оценки согласия двух типов диагностических заключений (врача и предлагаемого нами способа) вычислялся индекс согласия каппа (K), значение которого является мерой превышения наблюдаемого согласия над случайным согласием, стандартная ошибка и 95% доверительный интервал с использованием калькулятора <http://www.graphpad.com/quickcalcs/kappal.cfm>.

Результаты и их обсуждение. В ходе компьютерного анализа состояния 211 МПД средняя яркость уровня серого находилась в диапазоне от 21 до 104 (62,1±19,9; 64 [43,78]).

Таблица 1

Характеристика яркости серого МРТ МПД при различных диагностических подходах врача-эксперта

Диагностический подход эксперта	Параметры	Группы МПД на основании заключений эксперта		
		Определённо патология (1)	Сомнительно (2)	Определённо норма (3)
Пессимистический подход	n	129	27	55
	$M \pm s$	48,6±11,4	74,8±1,6	87,4±8,0
	Me (LQ; UQ)	46 [40; 57]	75 [74; 76]	84 [81; 93]
	P, критерий Манна-Уитни	P ₁₋₂ <0,001 P ₂₋₃ <0,001 P ₁₋₃ <0,001		
Оптимистический подход	n	141	44	26
	$M \pm s$	50,7±12,9	79,5±3,1	94,3±6,5
	Me (LQ; UQ)	47 [41; 64]	79,5 [76,5; 82,5]	93,5 [88; 102]
	P, критерий Манна-Уитни	P ₁₋₂ <0,001 P ₂₋₃ <0,001 P ₁₋₃ <0,001		

Примечание: P₁₋₃ – уровень значимости при сравнении яркости серого МРТ МПД в группах «определённо патология» и «сомнительно»; P₁₋₃ – при сравнении групп МПД с показателями «определённо патология» и «определённо норма»; P₂₋₃ – при сравнении групп МПД с показателями «сомнительно» и «определённо норма».

При пессимистическом подходе эксперт оценил состояние 129 МПД как «определённо патология», 27 – как «сомнительно» и 55 – как «определённо норма»; при оптимистическом подходе распределение МПД было следующим: 141, 44 и 26 соответственно (табл.1).

Как видно из таблицы, попарное сравнение групп при пессимистическом и оптимистическом подходах с помощью критерия Манна-Уитни свидетельствует о статистически значимых различиях для каждой пары сравниваемых групп (P<0,001).

На первом этапе исследования на шкале среднего уровня яркости МПД мы установили точки разделения между ординальными оценками врача. Для этого сопоставили оба результата экспертных заключений с значениями среднего уровня яркости МПД, полученными в ходе компьютерного анализа. Изучение данных заключений эксперта о состоянии МПД, полученных при «пессимистическом» подходе, показал, что состоянию «определённо патология» соответствует уровень яркости меньше 74 включительно, «сомнительно» – от 75 до 84, «определённо норма» – больше 85. Анализ данных, полученных при «оптимистическом» подходе позволил установить, что состоянию «определённо патология» соответствует уровень яркости меньше 72 включительно, «сомнительно» – от 73 до 77, «определённо патология» – больше 78.

Разделительная точка между результатами «определённо патология» и «сомнительно» соответствует среднему значению показателей среднего яркости МПД, характерных для состояния «определённо патология» и полученных в ходе экспертных заключений при оптимистическом и пессимистическом подходах – 72,5. Разделительная точка между результатами «сомнительно» и «определённо норма» – среднему значению показателей среднего яркости МПД, характерных для состояния «определённо норма» и полученных в ходе экспертных заключений при оптимистическом и пессимистическом подходах – 81,5.

Далее мы оценили степень согласия между заключениями, сделанными экспертом на основании анализа МРТ микроизображений МПД и данными, полученными нами в ходе компьютерного анализа. К анализу был привлечён другой, независимый от первого, эксперт, который также предоставил заключения по 211 дискам с указанием степени дегенеративных изменений МПД – «определённо норма», «сомнительно» и «определённо патология». Была построена таблица сопряжённости между данными компьютерного анализа и заключений второго эксперта (табл. 2).

Таблица 2

Абсолютные частоты сочетаний заключений о состоянии МПД по данным компьютерного анализа и по мнению эксперта (n=211)

Данные компьютерного анализа, уровень серого (M±s, Me (LQ; UQ))	Заключение эксперта			Сумма по строке	v*, %
	Определённо патология	Сомнительно	Определённо норма		
Определённо патология (49,1±11,8); 46 [40; 59]	133	3	0	136	64
Сомнительно (76,7±2,4); 76 [75; 78]	0	31	9	40	19
Определённо норма (90,2±7,5); 87 [84; 94]	0	0	35	35	17
Сумма по столбцу	133	34	44	211	
v*, %	63	16	21		

Примечание: * – доля соответствующего заключения в общем числе заключений

В ходе анализа установлено: K = 0,892; стандартная ошибка = 0,029; 95% ДИ: от 0,835 до 0,949.

Положительное значение индекса согласия указывает на то, что заключения эксперта и компьютерного анализа совпадают чаще, чем случайно.

С учётом значений доверительных интервалов индекс согласия может расцениваться как «очень хороший».

Заключение. В ходе исследования оценена диагностическая эффективность способа определения степени дегенеративных изменений МПД при компьютерном анализе цифровых МРТ МПД пояснично-крестцового отдела позвоночника. Результаты данного исследования применимы только к пациентам без нарушения осанки (искривление во фронтальной плоскости), так как для анализа были исключены изображения МПД, у которых сагитальная плоскость проходила вне центра. Истинное состояние данных структур позвоночника целесообразно изучать комплексно, основываясь не только на показателях среднего уровня яркости, которая характеризует степень дегенеративных изменений МПД, но и других параметров, анализ которых возможно реализовать с помощью разработанного способа [5]. Применение данного способа компьютерного анализа может способствовать повышению качества диагностики, динамическому наблюдению за состоянием МПД в практических и научно-исследовательских целях, формированию базы данных, интеграции в коммуникативную информационную среду для оптимизации телемедицинских консультаций и использоваться в обучающих программах.

Литература

1. Власов, В.В. Эффективность диагностических исследований / В.В. Власов. – М.: Медицина, 1988. – С. 106.
2. Марчук, В.П. МРТ в диагностике дегенеративных заболеваний межпозвонковых дисков / В.П. Марчук // Новости лучевой диагностики. – 1998. – №2. – С. 26–27.
3. Михайлов, А.Н. Выбор метода визуализации при дегенеративно-дистрофических поражениях позвоночника / А.Н. Михайлов // Материалы научно-практ. конф. «Новые технологии в медицине: диагностика, лечение, реабилитация». – 2002. – С. 34.
4. Орёл, А.М. Возрастные аспекты эпидемиологии дегенеративно-дистрофических изменений межпозвонковых дисков по данным системного анализа рентгенограмм позвоночника / А.М. Орёл // Медицинская визуализация. – 2010. – №5. – С. 113–121.
5. Визуализация дегенеративных изменений межпозвонковых дисков / В.Ф. Спирин [и др.] // Материалы 14-ой Международной Молодёжной науч. Школы по оптике, лазерной физике и биофотонике «Проблемы оптической физики и биофотоники». Саратов: Изд-во «Новый ветер». – 2010. – С. 67–70.

6. Ehrlich, G.E. Low back pain / G.E. Ehrlich // Bulletin of the World Health Organization. 2003. Vol.81. P. 671–676.

7. Michopoulou, S. Texture-based quantification of lumbar intervertebral disc degeneration from conventional T2-weighted MRI / S. Michopoulou, L. Costaridou, M. Vlychou, R. Speller, A. Todd-Pokropek // Acta Radiologica. 2011. Vol. 52. P. 91–98.

THE METHOD OF DETERMINING THE DEGREES OF DEGENERATIVE CHANGES IN INTERVERTEBRAL DISCS AT COMPUTER ANALYSIS OF DIGITAL MAGNETIC AND RESONANCE TOMOGRAPHY

N.YE. KOMLEVA, O.YU. REBROVA, S.K. DAUROV, A.A. MARYANOVSKY

Saratov Research Institute of Rural Hygiene
Russian National Research University after N.I. Pirogov, Research Institute of Clinico-Economical Expert Examination and Pharmacoeconomy, Moscow
Saratov State Technical University after Yu.A. Gagarin

A new method of determining the degrees of degenerative changes in intervertebral discs by computer analysis of digital magnetic resonance imaging (MRI) of spine can automatically determine the average level intensity of gray, which characterizes degenerative changes in the discs. The index of conformity between the expert opinion and computer analysis is estimated as very good.

Key words: computer analysis, intervertebral disc, MRI, degenerative changes.

УДК 616.28

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДОЗИМЕТРИИ ЗВУКА

Е.Л. ОВЧИННИКОВ*, В.Ф. ПЯТИН*, О.Е. ФИЛАТОВА**

В работе затрагивается проблема установления предельно допустимых уровней техногенного шума с целью снижения отрицательного воздействия звуковых агентов. При использовании авторских методик произведено сравнение расчётных показателей с общепринятыми показателями предельно допустимых уровней звуков и шума, установленных системой стандартов безопасности труда.

Ключевые слова: дозиметрия звука, шум.

Шумы и звуки окружающей человека среды являются теми внешними факторами признаками, которые неблагоприятно влияют на его самочувствие и здоровье. Их действие интегрально может оцениваться специфическим органом – органом слуха. Степень опасности шумового режима характеризуется «риском повреждения» структур уха и регламентируется предельно допустимыми значениями звуковых давлений и их уровней (ПДУ), предельно допустимой дозой и экспозицией звукового воздействия. Обоснованные только экспериментально, они таблично зафиксированы в Системе стандартов безопасности труда [9], Санитарных нормах [11] и Санитарных правилах и нормах [8] и других нормативных актах.

Цель исследования – установление предельно допустимых уровней техногенного шума для снижения отрицательного воздействия звуковых агентов.

Материалы и методы исследования. Анализ в графической форме устанавливает монотонность убывания значений ПДУ с ростом частоты как их главное свойство (рис. 1). Однако спектральный пейзаж и рельеф поверхности ПДУ в 3D представлении (рис. 2) проявляют отклонения от данного условия и поэтому требуют аргументированной коррекции. Самоочевидно, что комплекс исследований шумовой опасности должен включать такие основополагающие группы документов, которые регламентируют параметры звукового воздействия не только на рабочих местах, где человек проводит почти треть жизни, но и в жилых помещениях, в которых он пребывает более 2/3 своего свободного времени. Разработка научно-теоретических основ дозиметрии звука заключается в физиологическом, био- и психофизическом обосновании, дефиниции и расчёте предельно допустимых доз воздействия звука на человека, предельно допустимых звуковых давлений и их уровней и санитарных норм пребывания (экспозиции) человека в звуковом поле.

* ГОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет», 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89

** ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет», 628412, Тюменская обл., ХМАО-Югра, г. Сургут, пр-т Ленина, 1