

УДК 615.84  
ББК 53.6  
У97

## **Уэстбрук К.**

У97 Магнитно-резонансная томография : практическое руководство / К. Уэстбрук, К. Каут Рот, Дж. Тэлбот ; пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2022. — 451 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-581-3

В третьем английском издании книги авторами продолжена традиция создания фундаментального учебника, рассчитанного как на новичков, так и на опытных специалистов в области МРТ. Рассмотренные в нем вопросы охватывают основные положения физики МРТ, использующиеся импульсные последовательности, оценку деятельности сердца и состояния кровообращения, а также функциональные исследования с применением методов диффузии и спектроскопии. В книгу включен новый материал: метод получения параллельных изображений, методы функциональной МРТ, описание новых последовательностей, а также новые конструктивные разработки в области оборудования и катушек для МРТ.

Для студентов медицинских вузов, ординаторов, врачей, специалистов-радиологов, технического персонала диагностических лабораторий.

**УДК 615.84  
ББК 53.6**

**Деривативное издание на основе печатного аналога:** Магнитно-резонансная томография : практическое руководство / К. Уэстбрук, К. Каут Рот, Дж. Тэлбот ; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 448 с. : ил. — ISBN 978-5-9963-0363-2.

**В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации**

© 1993, 1998 by Blackwell Science Ltd, 2005 by Blackwell Publishing Ltd.

Все права защищены. Авторизованный перевод издания на английском языке, опубликованного Blackwell Publishing Limited. Ответственность за точность перевода полностью возложена на издательство «Лаборатория знаний». Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения Blackwell Publishing Limited.

All Rights Reserved. This EBook published under license with the original publisher John Wiley & Sons, Inc.

**ISBN 978-5-93208-581-3**

© Лаборатория знаний, 2022

# Оглавление

Предисловие . . . . .	5
Предисловие к третьему изданию . . . . .	6
Благодарности . . . . .	8
<b>Глава 1 Основные понятия . . . . .</b>	<b>9</b>
Введение . . . . .	9
Строение атома . . . . .	10
Движение атомных структур . . . . .	12
МР-активные ядра . . . . .	12
Ядра атомов водорода . . . . .	13
Ориентация . . . . .	14
Прецессия . . . . .	17
Уравнение Лармора . . . . .	19
Резонанс . . . . .	20
МР-сигнал . . . . .	25
Сигнал спада свободной индукции (FID) . . . . .	25
Релаксация . . . . .	26
T1-восстановление . . . . .	26
Время спада — T2 . . . . .	26
Временные параметры импульса . . . . .	29
<b>Глава 2 Взвешенность и контраст изображения . . . . .</b>	<b>31</b>
Введение . . . . .	31
Контраст изображения . . . . .	31
Механизмы контраста . . . . .	32
Релаксация в различных тканях . . . . .	33
T1-контраст . . . . .	37
T2-контраст . . . . .	38
Контраст протонной плотности . . . . .	38
Взвешенность контраста изображения . . . . .	40
T2*-спад . . . . .	47
Импульсные последовательности . . . . .	50
Последовательность спиновое эхо . . . . .	50
<b>Глава 3 Кодирование сигнала и формирование изображения . . . . .</b>	<b>75</b>
Кодирование сигнала . . . . .	75
Введение . . . . .	75
Градиенты . . . . .	76

	Выбор среза . . . . .	79
	Частотное кодирование . . . . .	84
	Фазовое кодирование . . . . .	86
	Сбор данных . . . . .	91
	Сбор данных и формирование изображения . . . . .	96
	Введение . . . . .	96
	Описание К-пространства . . . . .	97
	Заполнение К-пространства . . . . .	98
	Быстрое преобразование Фурье (FFT) . . . . .	103
	Основные характеристики К-пространства . . . . .	107
	Прохождение К-пространства и градиенты . . . . .	114
	Способы заполнения К-пространства . . . . .	116
	Методы сбора данных . . . . .	119
<b>Глава 4</b>	<b>Параметры и компромиссы выбора . . . . .</b>	<b>122</b>
	Введение . . . . .	122
	Соотношение сигнал/шум (SNR) . . . . .	123
	Отношение контраст/шум (CNR) . . . . .	142
	Пространственное разрешение . . . . .	145
	Время сканирования . . . . .	151
	Компромиссы . . . . .	154
	Принятие решения . . . . .	154
	Объемные изображения . . . . .	158
<b>Глава 5</b>	<b>Импульсные последовательности . . . . .</b>	<b>161</b>
	Введение . . . . .	161
	Последовательности спинного эха . . . . .	163
	Обычное спинное эхо . . . . .	163
	Быстрое или турбо-спинное эхо . . . . .	164
	Инверсия — восстановление . . . . .	176
	Быстрая «инверсия — восстановление» . . . . .	181
	STIR (последовательность инверсия — восстановление с коротким tau) . . . . .	181
	FLAIR (инверсия — восстановление с подавлением сигнала от воды) . . . . .	184
	Импульсные последовательности градиентного эха . . . . .	186
	Обычное градиентное эхо . . . . .	186
	Стационарное состояние и генерация сигнала эхо . . . . .	189
	Когерентное градиентное эхо . . . . .	193
	Некогерентное градиентное эхо (спойлерное) . . . . .	195
	Свободное прецессирование в равновесном состоянии (SSFP) . . . . .	198
	Сбалансированное градиентное эхо . . . . .	204
	Быстрое градиентное эхо . . . . .	208
	Эхо-планарные изображения (EPI) . . . . .	210
	Метод получения параллельных изображений . . . . .	219
<b>Глава 6</b>	<b>Феномены потока . . . . .</b>	<b>224</b>
	Введение . . . . .	224

	Механика потока . . . . .	225
	Феномены потока . . . . .	225
	Время пролета . . . . .	225
	Втекание в срез. . . . .	229
	Расфазировка внутри воксела . . . . .	234
	Компенсация феноменов потока . . . . .	235
	Введение . . . . .	235
	Перефазировка четных сигналов эха. . . . .	235
	Перефазировка момента градиента (обнуление). . . . .	236
	Пространственное преднасыщение. . . . .	239
<b>Глава 7</b>	<b>Артефакты и пути их устранения . . . . .</b>	<b>252</b>
	Введение . . . . .	252
	Неправильное фазовое позиционирование. . . . .	252
	Наложение сигналов (алайсинг) или скручивание изображения . . . . .	262
	Артефакт химического сдвига . . . . .	270
	Артефакт черной границы. . . . .	274
	Артефакт усечения. . . . .	276
	Артефакт магнитной восприимчивости. . . . .	277
	Кросс-возбуждение и перекрестные помехи . . . . .	280
	Артефакт молнии . . . . .	282
	Артефакт затенения . . . . .	283
	Муар . . . . .	284
	Артефакт «магического угла». . . . .	285
<b>Глава 8</b>	<b>МРТ сердца и сосудов . . . . .</b>	<b>289</b>
	Введение . . . . .	289
	Обычные методы МРТ сосудов. . . . .	289
	Магнитно-резонансная ангиография (МРА) . . . . .	295
	Получение перфузионных и диффузионных изображений . . . . .	312
	Кардиосинхронизация. . . . .	313
	Метод периферического отведения. . . . .	320
	Псевдосинхронизация . . . . .	323
	Получение мультифазных изображений сердца . . . . .	323
	Получение кинематографических изображений. . . . .	323
	SPAMM. . . . .	327
<b>Глава 9</b>	<b>Аппаратура и оборудование для МРТ . . . . .</b>	<b>330</b>
	Введение . . . . .	330
	Представление о магнетизме . . . . .	332
	Постоянные магниты . . . . .	335
	Электромагниты . . . . .	337
	Сверхпроводящие электромагниты. . . . .	339
	Окаймляющее поле . . . . .	342
	Шиммирующие катушки . . . . .	343
	Градиентные катушки . . . . .	344
	Радиочастотные катушки . . . . .	352

	Блок контроля импульсных сигналов . . . . .	357
	Приспособления для размещения больного в полости магнита . . . . .	358
	Пульт оператора . . . . .	358
<b>Глава 10</b>	<b>Техника безопасности в МРТ . . . . .</b>	<b>360</b>
	Введение . . . . .	360
	Основное магнитное поле . . . . .	361
	О «летательных снарядах» . . . . .	368
	Реанимационные процедуры . . . . .	369
	Имплантаты и протезы . . . . .	369
	Водители ритма . . . . .	376
	Градиентные магнитные поля . . . . .	376
	Радиочастотные поля . . . . .	378
	Клаустрофобия . . . . .	380
	Сброс охлаждения магнита . . . . .	381
	Инструктаж персонала . . . . .	382
	Наблюдение за больным . . . . .	382
	Мониторы и прочее оборудование, используемое в МРТ . . . .	384
	Выбор места для установки томографа . . . . .	384
<b>Глава 11</b>	<b>Использование контрастирующих агентов в МРТ . . . . .</b>	<b>387</b>
	Введение . . . . .	387
	Взвешенные изображения . . . . .	388
	Механизм действия . . . . .	390
	Диполь-дипольные взаимодействия . . . . .	391
	Магнитная восприимчивость . . . . .	392
	Релаксирующая способность . . . . .	394
	Вопросы безопасности препаратов гадолиния . . . . .	395
	Вопросы безопасности препаратов на основе оксида железа . . . . .	398
	Применение контрастирующих агентов . . . . .	398
	Выводы . . . . .	408
<b>Глава 12</b>	<b>Получение функциональных изображений . . . . .</b>	<b>409</b>
	Введение . . . . .	409
	Получение диффузионно-взвешенных изображений (DWI) . . . . .	410
	Перфузионные изображения . . . . .	416
	Функциональные изображения (fMRI) . . . . .	418
	Инвазивная МРТ . . . . .	420
	МР-спектроскопия (MRS) . . . . .	422
	Получение изображений всего туловища . . . . .	425
	МР-микроскопия (MRM) . . . . .	426
	<b>Ответы на вопросы . . . . .</b>	<b>428</b>
	<b>Словарь терминов . . . . .</b>	<b>433</b>