

Моделирование коленного сустава по результатам магнитно-резонансной морфометрии
Д. М. Иванова (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)
А. О. Казначеева (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Магнитно-резонансная (МР) томография является основным методом диагностики заболеваний суставов, где количественная оценка позволяет получать данные о длине, объеме структур, временах релаксации и связанной с ними интенсивностью сигналов от тканей. Основная доля МР-исследований приходится на коленные суставы, где для получения полной клинической информации (расчет нагрузок, построение модели) часто требуется дополнительные морфометрические измерения хряща. Вычислительная механика лежит в области ортопедической биомеханики и связана с построением моделей, используемых в анализе механической функции коленного сустава при разных нагрузках и патологических состояниях. Численное моделирование может быть надежным и эффективным методом расчета нагрузок на здоровые и протезированные коленные суставы. Для построения модели коленных суставов часто требуется предобработка изображений, основанная на сегментации структур.

Цель работы – построение трехмерной модели коленного сустава по результатам МР-морфометрии.

Для сегментации МР-томограмм необходимо оценить параметры, влияющие на интенсивность сигнала, и значения интенсивности сигнала от тканей сустава. В работе использовались исследования коленных суставов, выполненные на шести разных МР-томографах с индукцией поля 1,5 Тл. Проанализированы МРТ-исследования коленных суставов для 6 групп добровольцев: группа 1 (42 человека, 37 ± 13 лет) – сканер GE EchoSpeed; группа 2 (21 человек, 37 ± 11 лет) – сканер GE Infinity; группа 3 (13 человек, 36 ± 7 лет) – сканер Toshiba Vantage Titan, группа 4 – сканер GE Brivo MR355; группа 5 – сканер Siemens Avanto; группа 6 – Philips Intera. Для каждой анализируемой ткани (хрящ, кость, мышца, жир) измерения выполнялись не менее 10 раз на нескольких срезах.

Интенсивность сигналов для T1 FSE ИП для трех сканеров составила для хряща: 529 ± 42 (MPT1), 332 ± 51 (MPT2), 2972 ± 101 (MPT3), 762 ± 64 (MPT4), 670 ± 51 (MPT5), 272 ± 52 (MPT6); для кости: 1257 ± 56 (MPT1), 997 ± 103 (MPT2), 10568 ± 156 (MPT3), 1890 ± 105 (MPT4), 1672 ± 120 (MPT5), 1235 ± 136 (MPT6); для мышц: 472 ± 31 (MPT1), 252 ± 17 (MPT2), 2345 ± 150 (MPT3), 690 ± 26 (MPT4), 640 ± 35 (MPT5), 212 ± 55 (MPT6). Аналогичные измерения производились для T2* GRE изображений.

Основные параметры сканирования (время эхо, время повторения, разрешение, матрица, число усреднений) отличаются незначительно, поэтому их вариации не окажут существенного воздействия на интенсивность сигнала.

Видно из результатов измерений, что интенсивность сигналов зависит от используемого оборудования, но, несмотря на этот факт, при близких параметрах протокола контрастность хрящ/кость для T1 FSE и T2* GRE лежит в диапазонах $0,35 \div 0,42$ и $0,18 \div 0,29$ соответственно; хрящ/мышца – в диапазонах $0,77 \div 0,85$ и $0,83 \div 0,89$, кость/мышца – в диапазоне $0,29 \div 0,35$ и $0,21 \div 0,35$. Полученные результаты могут быть использованы для автоматического распознавания структур и построения трехмерной модели коленного сустава.

Основной недостаток существующего программного обеспечения для оценки хряща – необходимость: увеличения времени исследования, для получения изображений с разной степенью влияния времен T1 и T2 на регистрируемый сигнал. В работе предлагается следующий алгоритм сегментации хряща:

- 1) определение матрицы по МР-изображениям с подавлением сигнала от жира и границ хряща;
- 2) сегментация T1 ВИ с нижним порогом 350;
- 3) сегментация изображения с использованием заданного в цикле второго порога;
- 4) определение совпадающих точек для двух этапов сегментации;
- 5) построение модели по результату сегментации.

Основная сложность автоматической сегментации связана с близкими значениями сигналов от хряща и от мышц близка, что снижает чувствительность алгоритма

Таким образом, сегментация МР-изображений с учетом контрастности отдельных тканей и изображений заданного типа, является эффективным средством оценки и позволяет построить модель сустава и рассчитать нагрузки на ткани сустава при элементарных движениях. Повышение чувствительности алгоритма достигается учетом данных о параметрах сканирования и абсолютных значений интенсивностей МР-сигналов.