

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПОЗВОНКА, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Н. Н. Масалитина

Кафедра "Информационные технологии" Гомельский государственный технический университет имени

П.П. Сухого

Гомель, Республика Беларусь

E-mail: masalitina@rambler.ru

Представлены результаты исследования результатов компьютерной томографии поясничного отдела позвоночника человека. Выявлены виды КТ-изображений, отличающиеся составом видимых фрагментов позвоночника, предложены дескрипторы для их описания и правила классификации. В результате получена автоматизированная система, выполняющая отбор изображений и изменение основных размерных параметров моделируемого органа.

ВВЕДЕНИЕ

Принятие решений о коррекции дегенеративно-дестрофических изменений поясничного отдела позвоночника сопряжено с непредсказуемостью результатов и невозможностью предварительно опробовать выбранный вариант восстановления. Проведение вычислительного эксперимента над математической моделью поврежденного органа дает возможность получения необходимой информации о возможных последствиях консервативного и хирургического лечения. Основным источником информации о состоянии позвоночника являются результаты многослойной компьютерной томографии – набор изображений в формате DICOM, отражающих поперечные сечения позвоночника пациента параллельных плоскостей, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Для проведения вычислительного эксперимента на основе этих частичных данных необходимо воссоздать объемное изображение.

I. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНЧИКА ЧЕЛОВЕКА И ИХ ОТРАЖЕНИЕ НА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Поясничный отдел позвоночника состоит из пяти самых крупных позвонков, которые имеют характерную особенность строения [1]. Передняя часть позвонка имеет форму, близкую к цилиндрической, и носит название тела позвонка. Сзади от тела позвонка в виде полукольца располагается дужка позвонка с несколькими отростками (парные поперечные суставные отростки, парные верхние и нижние суставные отростки, непарный остистый отросток), расположенными в различных плоскостях. Тело и дужка позвонка формируют позвонковое отверстие. В позвоночном столбе соответственно позвонковые отверстия расположены друг над другом, формируя спинномозговой канал. Дужка позвонка прикрепляется к телу позвонка при помощи ножки

позвонка. Между двумя соседними позвонками расположен межпозвоночный диск. Он представляет собой плоскую прокладку округлой формы и служит амортизатором вертикальной нагрузки [1]. КТ-изображения отражают отдельные сечения позвоночника, поэтому в силу сложности конструкции данного органа существенно отличаются друг от друга. Каждое сечение отражает некоторые части позвонка (тело, дужку, ножки, спинномозговой канал, семь отростков, межпозвоночный диск), другие части могут быть видны частично или не видны совсем. Среди сечений можно выделить следующие типы:

1. Тип А: отражает фрагменты межпозвоночного диска, верхних и нижних парных суставных отростков двух соседних позвонков.
2. Тип В: отражает сечение тела позвонка и верхние суставные отростки;
3. Тип С: отражает тело позвонка, парные поперечные суставные отростки, верхние парные суставные отростки;
4. Тип D: отражает сечение тела позвонка, парные поперечные суставные отростки;
5. Тип E: отражает сечение тела позвонка, непарный остистый суставной отросток и фрагменты парных поперечных суставных отростков;
6. Тип F: отражает тело позвонка, нижние суставные отростки и фрагмент непарного остистого суставного отростка.
7. Тип G: отражает тело позвонка, нижние суставные отростки, фрагменты нижних выступов поперечных отростков и фрагмент непарного остистого отростка.
8. Тип H: отражает фрагменты межпозвоночного диска, тела позвонка, нижних суставных отростков и непарного остистого отростка.

В случае искажения сечения за счет несимметричной укладки пациента во время выполнения компьютерной томографии возможны смешан-

ные виды изображений. Например АВ, если левая половина изображение соответствует изображению типа А, а правая – изображению типа В. Поэтому исследование каждого изображения выполняется раздельно по правой и левой половине. В качестве разделителя левой и правой половины выбрана вертикальная линия, проходящая через центр спинномозгового канала.

II. ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Решение задачи классификации КТ-снимков в соответствие с принадлежностью к одному из перечисленных типов – необходимый этап диагностики ряда заболеваний, а так же построения трехмерного изображения. Так снимки типов А и J содержат изображение межпозвоночного диска, изменение формы которого определяет признаки диагностики ряда заболеваний, вместе с тем эти сечения непригодны для измерения размеров тела позвонка. Снимки, относящиеся к типу D, удобны для вычисления угла наклона изображения во фронтальной плоскости, необходимого для выполнения корректных изменений размерных параметров моделируемого органа. Снимки типа В, G, F необходимы для правильного измерения длин отростков, но не дают информации о форме спинномозгового канала. С целью классификации КТ-снимков, а так же для построения трехмерной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека предложен следующий набор дескрипторов:

1. ширина видимой на снимке части тела позвонка – $dlinaPozv$;
2. длина видимой на снимке части тела позвонка – $shirinaPozv$;
3. длина видимой на снимке части парных поперечных суставных отростков – $dlinaPopSOtr$;
4. угол наклона оси симметрии проекции парных суставных отростков к горизонтали – $angleSOtr$;
5. ширина видимой на снимке части парных поперечных суставных отростков – $shirinaPopSOtr$;
6. угол наклона оси симметрии проекции поперечных суставных отростков к горизонтали – $anglePopSOtr$;
7. длина и ширина видимой на снимке части верхних и нижних парных суставных отростков;
8. длина видимой на снимке части непарного остистого суставного отростка – $dlinaOstSOtr$;
9. ширина видимой на снимке части непарного остистого суставного отростка – $shirinaOstSOtr$;
10. ширина видимой на снимке части дуги позвонка – $shirinaD$;

11. центр видимой на снимке части спинномозгового канала – $CenterC$;
12. центр видимой на снимке части тела позвонка – $CenterB$;
13. центр изображения – $CenterImg$ – координаты положения на изображении после предварительной обработки центрального пикселя исходного изображения;
14. горизонтальный диаметр видимой на снимке части спинномозгового канала – $diamH$;
15. вертикальный диаметр видимой на снимке части спинномозгового канала – $diamV$;
16. коэффициент пористости костной ткани – $CoefPor$;
17. коэффициент симметрии изображения относительно вертикальной оси – $coefSimV$ – вычисляется как доля совпадения значений яркости пикселей левой и правой части изображения.

Перечисленные дескрипторы необходимы для построения объемной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека. При этом ряд из них принимают существенно отличное от реального значение (вплоть до нулевого или даже не могут быть вычислены) на изображениях, которые не отражают фрагменты соответствующих дескриптору частей позвонка. Измерение и сопоставление значений каждого из параметров на серии снимков, отражающих один позвонок, позволяет распознать тип сечения, а так же измерять реальные размеры моделируемого органа.

III. КЛАССИФИКАЦИЯ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С СОСТАВОМ ВИДИМЫХ ФРАГМЕНТОВ ПОЗВОНОЧНИКА

С целью установления принадлежности КТ-изображений к одному из восьми приведенных выше типов предложены следующие правила классификации. Тип А: $CoefPor = \max \wedge DlinaOstSOtr \approx 0$; Тип В: $CoefPor \neq \max \wedge DlinaOstSOtr \approx 0$; Тип С: $DlinaPopSOtr \neq 0 \wedge DlinaSOtr \neq 0 \wedge DlinaOstSOtr = \min$; Тип D: $DlinaPopSOtr = 0 \wedge DlinaSOtr = \min \wedge DlinaOstSOtr = \min$; Тип E: $DlinaPopSOtr \neq 0 \wedge DlinaSOtr = \min \wedge DlinaOstSOtr \neq \min$; Тип F: $DiamV < 0 \wedge DlinaSOtr \neq \min \wedge DlinaOstSOtr \neq \min$; Тип G: $DiamV < 0 \wedge DlinaPopSOtr \neq 0 \wedge DlinaSOtr \neq \min \wedge DlinaOstSOtr \neq \min$; Тип H: $CoefPor = \max \wedge DlinaOstSOtr \neq \min$. Полученная система правил классификации положена в основу работы автоматизированной системы построения трехмерной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека.

1. Сапин М. Р. Анатомия человека. В 2 кн. Кн. 1: Опорно-двигательный аппарат. Внутренние органы (пищеварительная и дыхательная системы). М.: Оникс, Альянс-В, 2000. - 462 с.