Информационно-аналитическая система «BabySpine» для диагностики и планирования лечения детей с деформациями позвоночника

УДК 616.711-007

Михаил Герасименко,
директор РНПЦ
травматологии
и ортопедии, доктор
медицинских наук,
профессор;
kanc@ortoped.by

Андрей Мазуренко,
заведующий лабораторией
травматических
повреждений
позвоночника и спинного
мозга РНПЦ травматологии
и ортопедии,
кандидат медицинских
наук, доцент;
mazurenko@mail.ru

Кирилл Криворот,
старший научный
сотрудник лаборатории
травматических
повреждений
позвоночника и спинного
мозга РНПЦ травматологии
и ортопедии,
кандидат медицинских
наук; kirill.doc@mail.ru

Николай Гушинский,
заведующий сектором
лаборатории №114
Объединенного института
проблем информатики
НАН Беларуси,
кандидат физико-
математических наук;
gyshin@newman.bas-net.by

Ольга Артемьева,
главный конструктор
проекта лаборатории №114
Объединенного института
проблем информатики
НАН Беларуси;
triada@newman.bas-net.by

Аннотация. В статье описывается информационно-аналитическая система «BabySpine» для поддержки принятия решений при диагностике и планировании хирургического лечения детей с повреждениями и заболеваниями позвоночника, в том числе тяжелыми врожденными деформациями. Система предназначена для врачей-нейрохирургов, травматологов-ортопедов, рентгенологов и иных специалистов, оказывающих медицинскую помощь таким пациентам. Ее применение позволяет повысить объективность постановки диагноза и обоснованность назначаемого плана лечения и будет способствовать качественному улучшению процессов диагностики, планирования и проведения хирургического лечения.

Ключевые слова: дети, деформации позвоночника, СППР.

Для цитирования: Герасименко М., Мазуренко А., Криворот К., Гушинский Н., Артемьева О. Информационно-аналитическая система «BabySpine» для диагностики и планирования лечения детей с деформациями позвоночника // Наука и инновации. 2020. №12. С.79–83. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-12-79-83>

Тяжелые деформации позвоночника на фоне повреждений и врожденных аномалий его развития – важная проблема нейрохирургии и ортопедии детского возраста. Ошибки в диагностике и, как следствие, неправильный выбор тактики лечения способны стать причиной последующей инвалидизации и нарушения качества жизни ребенка [1, 4–6, 8, 9]. Развитие современной медицины и смежных специальностей, в том числе IT-сферы, хорошее материально-техническое оснащение клиник являются фундаментом для решения этой проблемы. В настоящее время основная оценка деформации позвоночника у детей производится при помощи лучевого метода исследования [2, 3]. Спондилограммы выполняются по общепринятым методикам. При необходимости для детализации применяются дополнительные методы: рентгеновская компьютерная томография (РКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ). Для объективной оценки

тяжести деформации, определения дальнейшей тактики лечения и анализа его результатов используются разные рентгенометрические параметры: степень компрессии тела позвонка, степень кифотической деформации позвоночника (угол Кобба), степень смещения позвонка и др. [7, 10–13]. Измерение этих параметров вручную трудоемко, сопровождается ошибками и значительной вариабельностью измерений.

Оснащение медицинских учреждений цифровой рентгеновской аппаратурой открывает широкие возможности для автоматизации анализа рентгенограмм позвоночника на базе компьютерных технологий и систем для улучшения процесса диагностики и планирования лечения. На практике применяется широкий ряд программных продуктов для визуализации снимков РКТ интересующей области позвоночника пациента с использованием инструмента мультипланарной реконструкции (MPR) плоских серий DICOM изображений: «RadiAnt DICOM Viewer», «Sante DICOM Viewer», «OsiriX DICOM Viewer» и др.

Несмотря на то, что процесс измерения параметров по времени сократился и его точность увеличилась, расчет полного их набора остается весьма трудоемким и сложным для выполнения вручную. При этом выбор тактики лечения и планирования оперативного вмешательства полностью ложится на хирурга. Таким образом, вопрос о диагностике и определении оптимального варианта лечения тяжелых деформаций позвоночника остается открытым.

В 2019–2020 гг. в рамках задания-мероприятия №6 Программы Союзного государства «Разработка новых спинальных систем с использованием технологий прототипирования в хирургическом лечении детей с тяжелыми врожденными деформациями и повреждениями позвоночника» РНПЦ травматологии и ортопедии совместно с Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси была создана информационно-аналитическая система поддержки принятия решений при диагностике и планировании хирургического лечения детей с тяжелыми врожденными деформациями позвоночника «BabySpine». Применение системы «BabySpine» позволяет повысить объективность постановки диагноза и обоснованность последовательности назначаемого плана лечения, индивидуализировать его, а также подобрать специальные параметры спинальных систем и элементов фиксации заблаговременно перед операцией.

ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ «BABYSPINE»

Система «BabySpine» предназначена для оценки строения и визуализации отдела позвоночника у детей, выбора схемы спинальной системы при его деформации и определения параметров ее элементов на основе DICOM-файла, полученного с компьютерного томографа.

Система обеспечивает решение следующих задач:

- *загрузку многосрезового изображения отделов позвоночника пациента из файлов исследований в формате DICOM;*
- *просмотр изображения плоских серий с возможностью перемещения и масштабирования;*
- *визуализацию мультипланарной реконструкции срезов в стандартных ортогональных проекциях: аксиальной, сагиттальной, фронтальной;*
- *просмотр с перемещением по изображению в соответствующей плоскости, с контролем положения среза, масштабированием и изменением контраста;*
- *разметку координат точек позвонков пациента или ее корректировку на трех проекциях: аксиальной, сагиттальной и фронтальной;*
- *расчет рентгенометрических и диагностических параметров, их анализ и определение нарушений в строении позвонков;*
- *3D-визуализацию отдела позвоночника пациента: построение виртуальной трехмерной модели, ее просмотр и сохранение (при необходимости) в файле в формате STL;*
- *документирование результатов диагностики и планирования хирургического лечения пациента; конвертацию (при необходимости) полученных результатов в WORD-документ;*
- *3D-печать модели исследуемой области позвоночника с использованием предоставленного программного обеспечения.*

Система «BabySpine» представляет собой набор исполняемых модулей, библиотек и файлов.

Программные модули ввода, просмотра, разметки позвонка и визуализации 3D-модели исследуемой области разработаны на языке Python и используют помимо его библиотек графические библиотеки wx, ITK и VTK. Программные модули определения значений параметров, анализа и планирования лечения разработаны на языке C++.

Для оценки состояния позвоночника используются характеристики, которые относятся как к нему в целом, так и к отдельным позвонкам. Для представления их формы и определения зна-

▲ Рис. 1. Характерные точки позвонков на сагиттальной (А) и фронтальной (Б) проекции

► Рис. 2. Характерные точки грудных и поясничных позвонков на аксиальной проекции

чений нарушений задействованы следующие наборы точек. На сагиттальной и фронтальной проекции выбраны 4 точки тела позвонка (рис. 1).

На аксиальной проекции для грудного и поясничного позвонка определены 11 точек (рис. 2):

- 4 точки, характеризующие контур тела позвонка;
- 2 точки правого и 2 точки левого контура дуги;
- точка основания остистого отростка;
- 2 точки введения винтов (необязательны для разметки).

Для шейного позвонка на аксиальной проекции определены 13 точек (рис. 3):

- 4 точки, характеризующие контур тела позвонка;
- 4 точки правого и 4 точки левого контуров суставного отростка;
- точка основания остистого отростка дуги.

Координаты этих точек применяются для вычисления диагностических рентгенометрических параметров, которые служат для определения деформации позвоночника. Параметры представляют собой в основном линейные, угловые и относительные величины и определяются как

расстояния между соответствующими точками или от точки до той или иной прямой. Сколиотическая деформация на фронтальном срезе (угол Кобба) и кифотическая деформация на сагиттальном срезе определяются угловыми величинами.

При заболевании диагностируются следующие нарушения: полупозвонок, бабочковидный позвонок, конкреция, спондилистез нетравматический, сколиоз, кифоз. При травме различаются компрессионный перелом, оскольчатый перелом, спондилистез, стеноз позвоночного канала. Для этих нарушений определены соответствующие схемы хирургического лечения, включая металлофиксацию для стабилизации позвоночника.

Разработан комплекс специальных алгоритмов и программных средств, реализующий методики расчета диагностических параметров для 2D- и 3D-моделей позвоночника, анализа нарушений и планирования лечения.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

«BABYSPINE»

Исходными данными для информационно-аналитической системы являются файлы исследований в формате DICOM снимков РКТ интересующей области позвоночника пациента.

Процесс применения на практике врачом-специалистом системы «BabySpine» можно разделить на 4 этапа: загрузка DICOM-файлов исследований пациентов; выбор из списка конкретного пациента и просмотр плоских изображений серии; создание проекта из одной серии и проведение разметки позвонков в режиме MPR; анализ результатов количественной оценки деформации, полученной по координатам точек размеченных позвонков; построение 3D-модели исследуемой области позвоночника.

Рис. 3. Характерные точки шейных позвонков на аксиальной проекции

Рис. 4. В рабочее окно программы произведена загрузка плоских изображений выбранной серии

Рис. 5. Выполнена мультипланарная реконструкция плоских изображений серии

Рис. 6. Вид окна после вызова команды «Косая MPR» и поворота оси

Рис. 7. Виртуальная 3D-модель отдела позвоночника

Рис. 8. Визуализация заключения

Выполнение этих этапов осуществляется с помощью следующих разделов меню: «Файл», «Проект», «Анализировать», «Визуализация».

Раздел меню «Файл» позволяет загрузить КТ-снимки нескольких пациентов в формате DICOM из файла DICOMDIR на внешнем носителе (CD/DVD и др.) или диске компьютера.

После загрузки DICOM-файлов отображается список, состоящий из трех уровней: описание пациента, описание исследования, описание серий. Выбрав необходимую серию снимков, пользователь загружает их в рабочее окно программы (рис. 4).

Следующим этапом создается проект, в который импортируются DICOM-файлы, выполняется мультипланарная реконструкция плоских изображений серии: на экране отображается MPR в трех ортогональных проекциях: аксиальной, сагиттальной, фронтальной (рис. 5).

Раздел меню «Проект» позволяет загрузить данные из ранее созданного проекта «BabySpine», расположенного в папке на диске компьютера.

Для оценки нарушений в позвоночнике должна быть предварительно произведена разметка позвонков: указаны координаты точек на изображениях позвонков в трех проекциях (рис. 1–3). Программное обеспечение содержит средства для управления процессом разметки и комплекс специальных алгоритмов расчета и анализа диагностических параметров на основе пространственных координат для выявления нарушений в строении позвоночника.

Раздел меню «Анализировать» предназначен для выполнения расчета параметров и визуализации результатов их анализа.

Раздел «Визуализация» содержит три пункта («Ортогональная MPR», «Косая MPR», «3D-поверхность») и обеспечивает просмотр мультипланарной реконструкции выбранной серии плоских изображений и генерацию 3D-модели исследуемого отдела позвоночника.

Пункт «Ортогональная MPR» предназначен для проведения разметки точек на изображении позвонка в трех стандартных ортогональных плоскостях и устанавливается по умолчанию. При выборе данной команды осуществляется переход из других режимов визуализации в режим ортогональной MPR.

Пункт «Косая MPR» предназначен для проведения разметки точек позвонка на трех проекциях в режиме корректировки наклона осей на одном из сканов проекции, который позволяет добиться отчетливого изображения позвонка на скане другой проекции (рис. 6).

Пункт «3D-поверхность» предназначен для генерации трехмерной модели исследуемой области позвоночника, ее просмотра (вращение, масштабирование), 3D-печати и сохранения полученной модели в файле в формате STL. Система «BabySpine» предоставляет возможность частичной реконструкции при построении 3D-модели исследуемого отдела позвоночника пациента с использованием координат размеченных позвонков. Сгенерированная модель представлена на рис. 7.

Результаты работы системы включают заключение о нарушениях в строении позвонков и позвоночника, схему лечения, параметры фиксирующих элементов при стабилизации (рис. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная система «BabySpine», предназначенная для специалистов, оказывающих медицинскую помощь пациентам детского возраста с повреждениями и заболеваниями позвоночника, успешно прошла клинические испытания на базе РНПЦ травматологии и ортопедии. Индивидуальный подход, тщательное предоперационное планирование позволили получить наилучшие результаты и доказали безопасность и эффективность разработки. Инструкция по применению метода диагностики, сопровождающая представленную информационно-аналитическую

систему, утверждена как официальный нормативный документ Министерства здравоохранения Республики Беларусь №050–0620 от 26.08.2020 г. «Метод диагностики врожденных деформаций и повреждений позвоночника у пациентов детского возраста». Ее внедрение в клиническую практику будет способствовать качественному улучшению процессов диагностики, планирования и проведения хирургического лечения. ■

■ **Summary.** The article presents the information and analytical decision support system «BabySpine» for diagnosing and planning surgical treatment of injuries and diseases of the spine children with severe congenital spinal deformities. The system will be helpful for neurosurgeons, traumatologists, orthopedists, radiologists and other specialists of healthcare organizations providing medical care to such patients. It is designed to increase the objectivity of diagnosis and the validity of the treatment plan.

■ **Keywords:** children, spine deformities, DSS.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-12-79-83>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 10-летний опыт хирургического лечения повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника у пациентов детского возраста с применением транспедикулярного фиксатора / А.Н. Мазуренко [и др.] // Хирургия. Восточная Европа. 2019. Т. 8. №3. С. 446–454.
- Авдандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. – М. Медицина, 1990. С. 384.
- Анисимова Е.А. Закономерности изменчивости размеров и формы позвонков докрестцового отдела позвоночного столба / Е.А. Анисимова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2009. №2 (10). С. 3–13.
- Виссарионов С.В. Стабильные и нестабильные повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника у детей (клиника, диагностика, лечение): пособие для врачей. – СПб., 2010. С. 49.
- Врожденные деформации позвоночника: хирургическое лечение на современном этапе / А.Н. Мазуренко [и др.] // Хирургия. Восточная Европа. 2018. Т. 7. №4. С. 442–450.
- Клиника, диагностика и хирургическое лечение детей с тяжелыми повреждениями позвоночника на современном этапе / А.Н. Мазуренко [и др.] // Хирургия. Восточная Европа. 2018. Т. 7. №3. С. 347–354.
- Машаров И.В. Критерии повреждений позвоночника и их диагностическая ценность / И.В. Машаров, Б.М. Зильберштейн // Ортопедия, травматология и протезирование. 1990. №8. С. 58–61.
- Опыт хирургического лечения пациентов детского возраста с тяжелой врожденной деформацией позвоночника / С.В. Макаревич [и др.] // Наука и инновации. 2020. №1(203). С. 81–84.
- Особенности повреждений позвоночника у пациентов детского возраста / С.В. Макаревич [и др.] // Актуальные проблемы неврологии и нейрохирургии: рец. сб. науч. тр. / Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии; под ред. Р.Р. Сидоровича, С.А. Лихачева. – Минск, 2018. Вып. 21. С. 29–39.
- Cobb J.R. Outline for the study of scoliosis: The American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lectures / J.R. Cobb // Ann. Arbor. 1948. Vol. 5. P. 261–275.
- McBride, G.G. Cotrel-Debousset Rods in Surgical Stabilization of Spinal Fractures / G.G. McBride // Spine. 1993. Vol. 18, №4. P. 466–473.
- Morphometry of lower lumbar vertebrae as seen on CT scans: newly recognized characteristics / van Schaik J.J. [et al.] // AJR Am. J. Roentgenol. 1985. №145(2). P. 327–335.
- Radiographic analysis of lumbar lordosis / D.E. Harrison [et al.] // Spine. 2001. №26. P. 235–242.

Статья поступила в редакцию 23.06.2020 г.

SEE <http://innosfera.by/2020/12/BabySpine>