

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕРАПИИ ЛЕЧЕНИЯ ОСТЕОХОНДРОЗА

Никифорова Р.Л.¹, Павловский А.В.², Филипас А.А.³

¹ТПУ, ИШИТР, бакалавр, группа 8Е22, e-mail: mln3@tpu.ru.

²ТПУ, ИШИТР, ассистент, аспирант группа А3-36, e-mail: avp135@tpu.ru.

³ТПУ, ИШИТР, Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры, к.т.н., доцент, e-mail: filipas@tpu.ru.

Аннотация

В данной работе представлена структура программно-аппаратного комплекса для автоматизации терапии лечения остеохондроза на основе механотерапии. Представлена структурная схема, ключевые алгоритмы управления и взаимодействие с пациентом.

Ключевые слова: остеохондроз, роботизированные массажные системы, робот-манипулятор.

Введение

Одним из распространенных заболеваний позвоночника человека является остеохондроз, от которого страдает более 1,7 млрд людей [1]. При данном заболевании происходят постепенные дегенеративные изменения в позвоночнике, связанные с износом межпозвоночных дисков. Симптомы развиваются медленно и проявляются в возрасте. Согласно статистике [2] остеохондроз появляется у 40% населения в возрасте 35-40 лет и у 90% – в пожилом возрасте. Данное заболевание может привести к следующими проблемами: протрузия, межпозвоночная грыжа, кифоз, радикулит, инсульт спинного мозга, атрофия мышц нижних конечностей, паралич ног [3]. Существующие методы лечения остеохондроза, а именно: магнитотерапия, лазерная терапия, электростатические импульсы, ультразвуковая терапия, физиотерапия, механотерапия, требуют непосредственное участие врача при проведении лечения. В связи с этим возникает необходимость в создании программно-аппаратного комплекса для автоматизации терапии остеохондроза на основе представленных методов. В данной работе будет рассматриваться программно-аппаратный комплекс для автоматизации механотерапии, предназначенный для лечения различных заболеваний опорно-двигательного аппарата, включая остеохондроз, который может поражать не только позвоночник, но и другие области тела.

Механотерапия

Механотерапия является простым методом лечения остеохондроза, так как ему присущи следующие особенности: неинвазивность, нагрузка подается фиксировано и точно. Это позволяет применять данный метод на большом количестве людей, так как он безопасен и с малой долей вероятности можно причинить вред организму. В связи с этим была взята механотерапия, однако выбор не исключает внедрения в представленный комплекс других методов лечения, различных видов массажа и проектов по программированию робота. Следовательно, преимущество должно состоять не только в выполнении одной задачи при лечении остеохондроза, но и в универсальности данного комплекса.

Описание разрабатываемого комплекса

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс для автоматизации роботизированного массажа предназначен для проведения эффективных терапевтических процедур с использованием механотерапии. Он включает в себя ключевые решения: адаптивное управление силой, задание траектории массажа, прогнозирование жесткости тканей пациента и интеграцию ограничений движения манипулятора. Комплекс будет

взаимодействовать с информационной сетью для учета процедур, сбора данных о пациентах для оптимизации лечебных методик. Для точного выполнения процедур комплекс будет оснащен системой отслеживания положения пациента и манипулятором. Это обеспечит высокую точность массажа, так как с помощью манипулятора можно достичь высокой точности позиционирования и адаптированного движения в зависимости от положения пациента. Кроме того, будет проводится контурное слежение за объектом для точного определения форм и положения тела пациента, с использованием камеры и датчиков (создание трехмерной поверхности) [4]. Дополнительно в систему будет включена система сбора и анализа информации с объекта, которая оценивает изменений кожного покрова, с использованием ЭМГ датчика [5]. Помимо этого, для проведения массажа на фланец манипулятора необходимо установить насадку, с помощью которой будет проводиться взаимодействие с пациентом. Данная насадка может представлять из себя либо статический объект, либо объект с вибрационными и ударными движениями. В связи с большим количеством насадок, встает необходимость в кассете, из которой манипулятор может извлекать необходимую насадку для проведения терапии. Данное технологическое решение позволит оперативно адаптировать параметры воздействия, учитывать реакцию пациента и корректировать массаж в реальном времени, обеспечивая максимальную эффективность и комфорт.

Исходя из представленных выше технологических требований к комплексу была разработана его структурная схема (рисунок 1).

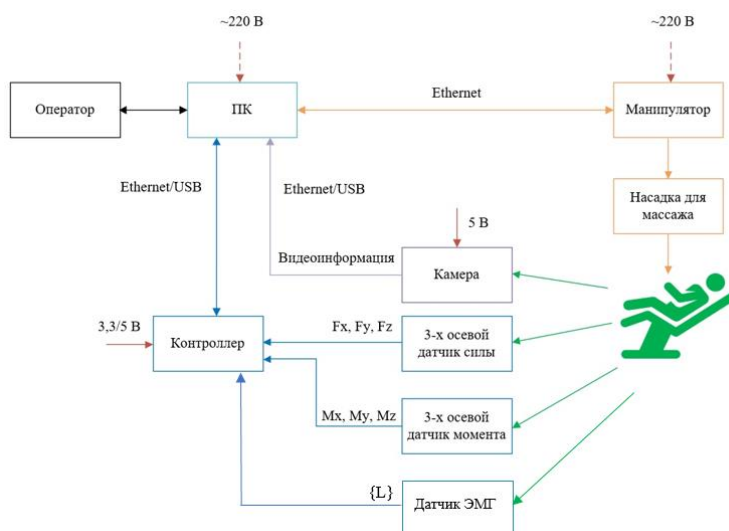


Рис. 1. Структурная схема

Данная схема (рисунок 1) включает: 1) оператор, который задает программу проведения терапии, следит за процессом и вводит корректировки; 2) персональный компьютер, с помощью которого осуществляется взаимосвязь между оператором, манипулятором, контроллером и камерой; 3) манипулятор, проводящий массаж по траектории с усилием через насадку на пациента; 4) контроллер, осуществляющий обработку и передачу с датчиков на ПК; 5) 3-х осевой датчик силы, который используется для измерения силы, оказываемая манипулятором на поверхность тела пациента; 6) 3-х осевой датчик момента, который используется для измерения момента, которое используется для отслеживания угловых перемещений; 7) датчик ЭМГ, который предназначен для мониторинга электрической активности мышц пациента в процессе массажа, что улучшает алгоритмы взаимодействия с пациентом; 8) камера, которая распознает изменения положения пациента; 9) насадка для массажа, которая прикрепляется на манипулятор и напрямую взаимодействует с пациентом; 10) пациент.

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс для автоматизации роботизированного массажа включает два алгоритма: сервисный и терапевтический.

Сервисный алгоритм отвечает за техническое обслуживание системы, мониторинг состояния всех компонентов и корректировку параметров работы аппарата. Он включает инициализацию системы, проверку состояния датчиков, обслуживание насадок, а также обновление программного обеспечения. Также сервисный алгоритм следит за состоянием манипулятора и датчиков, информируя оператора о возможных неисправностях или необходимости замены насадок. Завершение работы включает сохранение данных о диагностике всех систем и подготовке комплекса к проведению терапии.

Терапевтический алгоритм фокусируется на персонализированном подходе к лечению пациента. На первом этапе комплекс собирает данные о поверхности проведения массажа, с помощью камеры, согласно индивидуальным особенностям пациента. Затем оператор задает методику проведения массажа. Программное обеспечение по полученным данным определяет траекторию, силу воздействия манипулятора, производит выбор насадки, а также корректирует план массажа в зависимости от отклонения положения пациента в реальном времени.

Интеграция этих двух алгоритмов позволяет создать динамичную и высокоэффективную систему для проведения терапевтических процедур. Таким образом, комплекс объединяет техническую точность и медицинскую персонализацию, обеспечивая эффективное лечение различных заболеваний опорно-двигательного аппарата человека.

Моделирование траектории манипулятора

Необходимо выполнить моделирование траектории движения для робота-манипулятора в специализированном инженерном ПО. Принцип решения данной задачи было рассмотрено в проекте по программированию робота-манипулятора [6]. В качестве задачи движения рассматривалось следование фланца по замкнутой геометрической фигуре, а именно: движение по осям манипулятора (рисунок 2) и движение по квадрату (рисунок 3), заданному в трёхмерном пространстве на фиксированной высоте. Полученные анимации позволяют отследить пространственное поведение манипулятора и убедиться в корректности моделирования.

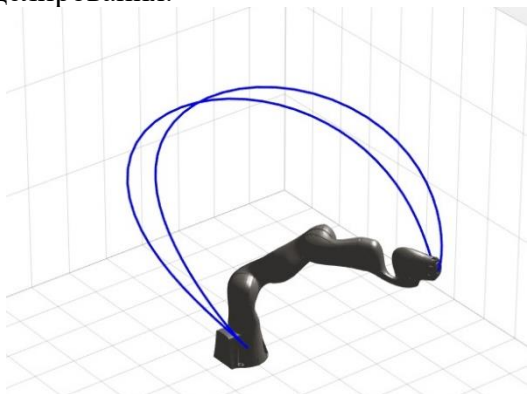


Рис. 2. Движение манипулятора по осям



Рис. 3. Движение манипулятора по траектории

Заключение

Разработана структура программно-аппаратного комплекса для автоматизации терапии остеохондроза, которая представляет собой решение, направленное на улучшение качества лечения и реабилитации пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Выбран метод механотерапии и перкуссионный массаж для проведения терапии остеохондроза с использованием коллаборативного робота-манипулятора. Спроектированы структурная и

функциональная схемы комплекса. Кроме того, проведено моделирование траектории манипулятора в специализированном инженерном ПО. В дальнейшем планируется провести приобретение необходимого оборудования, сбор прототипа и создание имитационной структурной модели комплекса.

Список использованной литературы

1. Остеохондроз позвоночника: лечение, симптомы, признаки и прогноз [Электронный ресурс]. – URL: temed.ru/articles/esli-osteokhondroz-ne-bolezn-to-pochemu-zhe-nam-tak-bolno/ (дата обращения: 27.12.2024)
2. Остеохондроз: причины развития, разновидности и симптомы [Электронный ресурс]. – URL: medicina.ru/patsientam/zabolevaniya/osteokhondroz/ (дата обращения: 27.12.2024)
3. Остеохондроз – причины, симптомы, диагностика, лечение и профилактика [Электронный ресурс]. – URL: onclinic.ru/osteokhondroz/ (дата обращения: 27.12.2024)
4. Toward automatic robotic massage based on interactive trajectory planning and control [Электронный ресурс]. – URL: link.springer.com/article/10.1007/s40747-024-01384-5 (дата обращения: 27.12.2024)
5. Research on stiffness adaptation control of medical assistive robots based on stiffness prediction [Электронный ресурс]. – URL: link.springer.com/article/10.1007/s41315-024-00321-6 (дата обращения: 27.12.2024)
6. Robotic Manipulators [Электронный ресурс]. – URL: github.com/MathWorks-Teaching-Resources/Robotic-Manipulators/releases/tag/v2.2.0 (дата обращения: 27.12.2024)