На правах рукописи

Мысина Галина Анатольевна

РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕХАНОТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Специальность: 05.11.17. – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

01.02.08. - Биомеханика

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва

Работа выполнена в Московском Государственном Техническом Университете им.Н.Э.Баумана

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Нарайкин О.С.

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор Семикин Г.И.

Официальные оппоненты:

д.т.н., профессор Парашин В.Б.

У1661314

Мысина Г.А.
Разработка биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболевани...
0-00
2004

Б-ка МГТУ им. Н.Э. Баумана
1661314

роения

еля 2004 г. в 14.30 часов

У1661314

14 при МГТУ

ая улица, д.5.

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

ому адресу.

м.Н.Э.Баумана

донов И.Н.

502

ФУЛК

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность работы

По данным экспертов ВОЗ даже в развитых странах в настоящее время распространенность заболеваний позвоночника достигла размеров эпидемии и является одной из основных причин экономических потерь на производстве. В связи с широкой распространенностью болей в спине, инвалидизацией лиц трудоспособного возраста и дорогостоящим лечением, ВОЗ выступила с инициативой проведения «Десятилетия изучения заболеваний костей и суставов» (The Bone and Joint Decade 2000-2010 гг.).

В настоящее время основными методами лечения являются – консервативное, аппаратное и хирургическое. Применение нестероидных противовоспалительных средств не решило проблему борьбы с болями в спине, у 34-46% пациентов развиваются гастроэнтерологические побочные эффекты (желудочно-кишечные кровотечения, язвенные гастриты). При непрофессиональном выполнении приемов мануальной терапии возможны осложнения: острое нарушение кровообращения с поражением ствола головного мозга (ишемический инсульт), переломы позвонков, разрыв мышечно-связочных структур.

Важное место в системе патогенетической терапии болей в спине занимает вытяжение позвоночника.

В нашей стране и за рубежом созданы и разрабатываются различные механотерапевтические установки для массажа мышц спины и вытяжения позвоночника. Вытяжение осуществляется в горизонтальной, вертикальной, наклонной плоскостях как в воздухе (сухое вытяжение), так и в воде, а также возможна комбинация вытяжения с различным типом массажа и физиотерапевтическим воздействием. Среди разработанных к настоящему времени методов механотерапевтического воздействия перспективным является метод, основанный на комбинации естественного, последовательного нагружения позвоночника под действием собственного веса, периодического массажа мышц и их синхронизация в реальном масштабе времени (Лощилов В.И., Щукин С.И., Кён-Чул Лю, 1995, МГТУ им.Н.Э.Баумана).

Сравнительный анализ существующих технических средств показывает отсутствие биотехнического подхода в обосновании методик выбора параметров воздействия, отсутствие объективных методик оценки эффективности проводимых процедур, отсутствие алгоритмов и методик управления терапевтическим воздействием с учетом индивидуальных особенностей пациента.

В отечественной и зарубежной литературе отсутствует информация о возможности применения механической модели тела человека для определения параметров воздействия комплексной механотерапии и оценки эффективности терапевтических процедур. Механо-математические модели

МГТУ
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

создаются в основном для изучения действия экстремальных факторов: удар, перегрузки при катапультировании, вибрация на рабочих местах на производстве, безопасность автомашин и авиатранспорта. Параметры данных моделей идентифицированы для данных условий.

Таким образом, разработка динамической модели тела человека с целью разработки методики выбора параметров биоадекватного механотерапевтического воздействия на позвоночник, создание биотехнической системы комбинированной механотерапии и определение эффективности механотерапевтического воздействия является актуальной задачей.

Цель и задачи исследования.

Целью работы явилась разработка биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Исследование биологического объекта с целью определения биомеханических характеристик опорно-двигательной системы (m_i, c_i, E_i, J_x, F). Разработка динамической модели тела человека и идентификация ее параметров в условиях дистракционно-массажного воздействия.

2. Исследование динамической модели тела с целью расчета адекватной нагрузки на тело человека при механотерапевтическом воздействии.

3. Расчетно-теоретическое определение основных конструктивных параметров и разработка схемотехнических решений биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека с использованием разработанной динамической модели.

4. Создание и апробация макета дистракционно-массажной установки для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека с использованием разработанной динамической модели.

5. Оценка эффективности применения дистракционно-массажной установки для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека на основе исследования гемодинамических параметров и опросников, рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения.

Методы исследования.

Поставленные задачи решались на основе теории биотехнических систем, теории механических колебаний, методов теоретической механики, сопротивления материалов, методов математической статистики.

Научная новизна.

1. Разработана динамическая модель тела человека с распределено-сосредоточенными параметрами для обоснования выбора биоадекватного механического воздействия на позвоночник при комбинированной механотерапии. Идентифицированы параметры этой модели для дистракционно-массажного воздействия.

2. Установлены закономерности влияния частоты и амплитуды движения массажных элементов и нагрузки при дистракции на усилия и перемещения, возникающие в отделах позвоночника.

3. Установлены закономерности, связывающие индивидуальные параметры пациента: пол, возраст, вес, рост и характер технического процесса: массаж, дистракция с показателями эффективности лечебного процесса: болевой синдром, состояние регионарной гемодинамики.

4. Разработана целевая функция БТС комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека, учитывающая возможность комбинации методов дистракции и механического массажа, а также возможность оценки эффективности проводимых процедур.

5. Разработан метод оценки эффективности комбинированной механотерапии, основанный на комплексной оценке регионарной гемодинамики и результатах использования унифицированных международных опросников.

6. В результате апробации макета дистракционно-массажной установки доказана эффективность разработанного метода комбинированной механотерапии для лечения пациентов с болями в спине.

Практическая значимость

Разработана методика выбора нагрузки при дистракции и частоты механического массажа мышц спины, адаптированных к индивидуальным параметрам пациента.

Получены статистически обработанные результаты комплексной оценки регионарной гемодинамики при помощи компьютерной тетраполярной реовазографии «АРМ-РЕО» у пациентов с болями в спине. Определена эффективность комбинированной механотерапии на основании унифицированных международных опросников и результатов исследования регионарной гемодинамики.

Результаты исследований доведены до вида, допускающего непосредственное использование в лечебной практике.

Положения, выносимые на защиту

1. Биотехническая система для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека.

2. Динамическая модель тела человека с распределено-сосредоточенными параметрами, и результаты ее идентификации в условиях дистракционно-массажного воздействия.

3. Закономерности, связывающие индивидуальные параметры пациента (пол, возраст, вес, рост) и характер технического процесса (массаж, дистракция) с показателями эффективности лечебного процесса (болевой синдром, состояние регионарной гемодинамики).

4. Методика и результаты определения адекватной нагрузки при дистракции и частоты механического массажа мышц спины, адаптированных к индивидуальным параметрам пациента.

5. Методика и результаты оценки эффективности применения дистракционно-массажного воздействия при лечении заболеваний опорно-двигательной системы человека на основании унифицированных международных опросников и результатов комплексной оценки регионарной гемодинамики при помощи компьютерной тетраполярной реовазографии «АРМ-РЕО».

Апробация работы.

Апробация работы проведена во Всероссийском научно-исследовательском институте медицинской техники.

Материалы диссертации доложены и обсуждены на юбилейной конференции кафедры факультетской терапии им.акад.А.И.Нестерова Российского государственного медицинского университета (Москва, 1999); на III съезде ревматологов России (Рязань, 2001); на 1 Евразийском конгрессе по медицинской физике и инженерии (Москва, 2001); на 3-й Международной научно-технической конференции «Медико-технические технологии на страже здоровья» (Турция, Анталия, 2001); на научно-технической конференции по программе «Технология живых систем» (Москва, 2002), на 4-й Международной научно-технической конференции «Медико-технические технологии на страже здоровья» (Турция, Анталия, 2002); на 5-й Международной научно-технической конференции «Медико-технические технологии на страже здоровья» (Египет, Шарм-Эль-Шейх, 2003), 1-ом Всероссийском конгрессе «Реабилитационная помощь населению в Российской Федерации» (Москва, 2003), объединенном научном семинаре факультета «Биомедицинская техника» МГТУ им.Н.Э.Баумана (Москва, май 2003).

Публикации

По материалам диссертации опубликованы 9 научных статей и 13 тезисов докладов на научных конференциях.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и приложений. Текст диссертации изложен на 146 страницах. Список

литературы включает 174 библиографических источников. Диссертация проиллюстрирована рисунками, таблицами, графиками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, научная новизна и практическая значимость исследования, сформулированы цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обобщению отечественных и зарубежных литературных данных по заболеваниям опорно-двигательной системы человека.

Проведен анализ причин возникновения заболеваний опорно-двигательной системы человека, отмечено, что болевой синдром – одно из главных проявлений болей в спине, и показана необходимость количественной оценки боли. Для этой цели были использованы международные унифицированные опросники, рекомендованные Low Back Pain Initiative (ВОЗ): 1) характер боли по Мак-Гиллу; 2) индекс хронической нетрудоспособности по Вадделю; 3) визуальная аналоговая шкала (ВАШ).

Проанализированы основные методы лечения болей в спине. Отмечено, что важное место в системе патогенетической терапии занимает вытяжение позвоночника.

Проведен сравнительный анализ существующих технических средств для механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека, который показал отсутствие единого подхода в обосновании методик выбора параметров воздействия, отсутствие объективных методик оценки эффективности проводимых процедур, отсутствие алгоритмов и методик управления механотерапевтическим воздействием с учетом индивидуальных особенностей пациента.

В МГТУ им.Н.Э.Баумана с 1995 года проводились исследования по применению механотерапии при болях в спине. Показана необходимость развития идеи биомеханического подхода к выбору научно-обоснованных методов механотерапевтического лечения болей в спине.

Показано, что для создания научно-обоснованного метода механотерапии необходимо теоретически исследовать возможность оценки воздействия вытяжения позвоночника и массажа мышц спины. Это возможно сделать с помощью динамической модели тела человека.

Вторая глава посвящена разработке математической модели биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека.

Проведен анализ проблемы моделирования тела человека. Для практического расчета и теоретических исследований системы комбинированной механотерапии создана динамическая модель тела человека с распределено-сосредоточенными параметрами (рис.1). Проведена

идентификация ее параметров в условиях дистракционно-массажного воздействия.

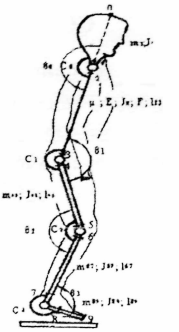

Рис.1. Динамическая модель тела человека

Напряженно-деформируемое состояние каждого сечения модели описывается вектором состояния Z_i

$$\bar{z}_i = \begin{Vmatrix} U_i \\ W_i \\ \varphi_i \\ M_i \\ Q_i \\ N_i \end{Vmatrix} \qquad (1)$$

где U_i – продольное перемещение, W_i – поперечное перемещение, φ_i - угол поворота, а M_i – изгибающий момент, Q_i – поперечная сила, N_i - осевая сила.

Связь между начальными значениями параметров состояния и их значениями в некотором сечении представляется с помощью цепочки матриц уравнением

$$\bar{Z}_9 = A_8 \cdot A_7 \cdot \ldots \cdot A_0 \cdot \bar{Z}_0 = A^* \bar{Z}_0 \qquad (2)$$

где A_i - переходные матрицы, элементы которых содержат значения массы, момента инерции, круговой частоты, площади поперечного сечения, жесткости и длины элемента модели. Граничные условия при дистракционно-массажном воздействии зависят от условий закрепления тела человека.

а) При шейно-грудном остеохондрозе крепление производится за головной конец туловища в точке 1 (см. рис.1) с помощью петли Глиссона, соответственно граничные условия выглядят следующим образом:

$$\bar{Z}_1 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ M_1 \\ Q_1 \\ N_1 \end{vmatrix} \qquad \bar{Z}_9 = \begin{vmatrix} U_9 \\ W_9 \\ \varphi_9 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \qquad (3)$$

Связь между начальными значениями параметров состояния в точке 9 и их значениями в точке 1:

$$\overline{Z}_1 = A_1 \cdot A_2 \cdot \ldots A_8 \cdot \overline{Z}_9 = A_{гол} \cdot \overline{Z}_9 \qquad (4)$$

Уравнение (4) представляем в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} a_{1\,j_{гол}}(f)\,z_9 = 0 \\ a_{2\,j_{гол}}(f)\,z_9 = 0 \\ a_{3\,j_{гол}}(f)\,z_9 = 0 \end{cases} \qquad (5)$$

Или, учитывая значения Z_1 и Z_9

$$\begin{cases} a_{11_{гол}} U_9 + a_{12_{гол}} W_9 + a_{13_{гол}} \varphi_9 = 0 \\ a_{21_{гол}} U_9 + a_{22_{гол}} W_9 + a_{23_{гол}} \varphi_9 = 0 \\ a_{31_{гол}} U_9 + a_{32_{гол}} W_9 + a_{33_{гол}} \varphi_9 = 0 \end{cases} \qquad (6)$$

б) При поясничном остеохондрозе крепление производится за ножной конец туловища в точке 7 (рис.1), и граничные условия принимают следующий вид:

$$\overline{Z}_0 = \begin{vmatrix} U_0 \\ W_0 \\ \varphi_0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \qquad \overline{Z}_7 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ M_7 \\ Q_7 \\ N_7 \end{vmatrix} \qquad (7)$$

Связь между начальными значениями параметров состояния в точке 0 и их значениями в точке 7:

$$\overline{Z}_7 = A_7 \cdot A_6 \cdot \ldots A_0 \cdot \overline{Z}_0 = A_{ног} \cdot \overline{Z}_0 \qquad (8)$$

Уравнение (8) представляем в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} a_{1\,ногj}(f)\,z_0 = 0 \\ a_{2\,ногj}(f)\,z_0 = 0 \\ a_{3\,ногj}(f)\,z_0 = 0 \end{cases} \qquad (9)$$

Или, учитывая значения Z_0 и Z_7

$$\begin{cases} a_{11_{ног}} U_0 + a_{12_{ног}} W_0 + a_{13_{ног}} \varphi_0 = 0 \\ a_{21_{ног}} U_0 + a_{22_{ног}} W_0 + a_{23_{ног}} \varphi_0 = 0 \\ a_{31_{ног}} U_0 + a_{32_{ног}} W_0 + a_{33_{ног}} \varphi_0 = 0 \end{cases} \qquad (10)$$

Коэффициенты уравнений (6) и (10) зависят от параметров модели тела человека. Идентифицировав экспериментально соответствующие значения собственных частот тела человека, получаем систему нелинейных алгебраических уравнений для определения неизвестных параметров модели:

а) для крепления за головной конец туловища человека

$$\begin{cases} F_{гол\ 1}(f_1) = 0 \\ F_{гол\ 2}(f_2) = 0 \\ \dots\dots\dots \quad \dots\dots \\ F_{гол\ k}(f_k) = 0 \end{cases}$$

б) для крепления за ножной конец туловища человека

$$\begin{cases} F_{ног\ 1}(f_1) = 0 \\ F_{ног\ 2}(f_2) = 0 \\ \dots\dots\dots \quad \dots\dots \\ F_{ног\ k}(f_k) = 0 \end{cases} \qquad (11)$$

Численные решения нелинейной системы алгебраических уравнений, проведенные на ЭВМ, позволили оценить параметры модели тела человека.

Рассчитаны зависимости собственных частот от индивидуальных параметров пациента: массы и роста.

Для расчета резонансных частот и тракционных сил, возникающих при массаже и дистракции, был разработан программно-методический комплекс, позволяющий создавать индивидуальную электронную карту пациента и проводить автоматизированный расчет параметров для конкретного пациента.

Поскольку при дистракционно-массажном воздействии тело человека совершает вынужденные колебания под действием осевой гармонической силы $P_i=p_i sin\Omega t$, то при теоретическом исследовании динамической модели человека начальные значения параметров состояния и их значения в некотором сечении связаны следующим уравнением (см. уравнение (2)):

$$Z_i = A_i^* Z_{i-1} + P_i, \text{ где } \quad P_i = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ p_i \end{vmatrix} \qquad (12)$$

С помощью разработанной программы были рассчитаны амплитудно-частотные характеристики перемещений и сил, возникающих в отделах позвоночника при воздействии различных осевых гармонических сил индивидуально для каждого пациента в зависимости от его пола, веса, роста и возраста.

Рассчитаны нагрузки и перемещения в шейном, грудном, поясничном и крестцовом отделах позвоночника при резонансных частотах. Показана необходимость избегать механотерапевтического воздействия на резонансных частотах тела человека.

Определен наиболее благоприятный интервал частот механического массажа для проведения механотерапевтических процедур 0,1 Гц÷ 1,8 Гц.

Разработана методика проектирования дистракционно-массажных установок, удовлетворяющих медицинским требованиям. Задача проектирования дистракционно-массажной установки - это определение номинальных значений ее главных (проектных) параметров, обеспечивающих выполнение медицинских требований при удовлетворении

всех дополнительных ограничений, вытекающих из технических условий. Второстепенные параметры при этом могут быть назначены из технологических или каких-либо иных соображений.

Проектные параметры дистракционно-массажной установки:

y_1 – угол наклона несущей рамы,

y_2 – частота движения массажных элементов,

y_3 – амплитуда движения несущей рамы.

Характеристики качества дистракционно-массажной установки (в нашем случае – медицинские требования), зависящие от его проектных параметров:

1) $F_1 = F_1 (y_1, y_2, y_3)$ - усилия (осевая сила), возникающие в отделах позвоночника человека при механотерапевтическом воздействии: $N_i = [0;0,4m]$, где m – вес пациента.

2) $F_2 = F_2 (y_1, y_2, y_3)$ - перемещения (продольные перемещения), возникающие в отделах позвоночника человека при механотерапевтическом воздействии: $U_i = [0;7]$, (мм).

Совокупность всех требований, выполнение которых необходимо и достаточно для нормального проведения механотерапевтических процедур на дистракционно-массажной установке, называется системой условий работоспособности. В общем случае систему условий работоспособности можно представить в виде:

$$\begin{cases} F_1(y_1, y_2, y_3) \geq 0 \\ F_2(y_1, y_2, y_3) \geq 0 \end{cases}, \qquad (13)$$

где $F_{1,2}$ – показатели работоспособности (функции работоспособности). Неравенства (9) определяют область Q в трехмерном пространстве проектных параметров, которую называется областью работоспособности.

При проектировании вместо многомерной области работоспособности Q используются ее двумерные сечения. Процедура определения указанных сечений включает следующие основные этапы:

1) численный расчет с целью получения зависимостей показателей работоспособности дистракционно-массажной установки от ее конструктивных параметров;

2) анализ полученных зависимостей, определение степени влияния на показатели работоспособности различных конструктивных параметров дистракционно-массажной установки, выделение множества проектных параметров;

3) анализ зависимостей показателей работоспособности от проектных параметров с учетом ограничений, наложенных на указанные показатели, построение сечений соответствующих областей работоспособности.

Проведен расчет областей работоспособности (рис.2) дистракционно-массажной установки для каждого конкретного пациента, что позволяет

врачу определять параметры воздействия при комбинированной механотерапии. Расчеты доведены до вида, который может быть использован непосредственно во врачебной практике.

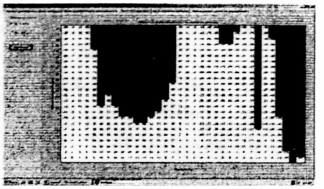

Рис.2. Область работоспособности дистракционно-массажной установки для пациента: мужчина (42 г.), рост 178 см, вес 82 кг

Исходя из проведенного теоретического анализа динамической модели тела человека в условиях дистракционно-массажного воздействия, получены технические параметры установки.

Учитывая то, что воздействие вибрации на тело человека при проведении терапевтических процедур должно быть неощутимо и безболезненно, определяются амплитуды движения массажной рамы и время воздействия процедуры.

В диссертационной работе показано, что при проектировании дистракционно-массажной установки для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека необходимо обеспечить регулировку частоты движения массажных элементов в интервале 0,1-1,8 Гц, и амплитуду движения рамы с массажными элементами 10-20 см. время проведения процедуры не должно превышать 15-20 минут. Для обеспечения непрерывного массажа мышц спины с учетом физиологических изгибов позвоночника целесообразно использовать массажные элементы в виде роликов, диаметр которых равен 6 см, расположенных на пружинах, обеспечивающих амплитуду их вертикального перемещения равную 3 см.

Третья глава посвящена синтезу биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека.

При синтезе БТС КМХТ необходимо выполнить три основных принципа синтеза: принцип целеполагания, адекватности и идентификации.

В результате анализа медицинских требований установлена взаимосвязь критериев эффективности механотерапевтического лечения заболеваний опорно-двигательной системы человека и разработана целевая функция биотехнической системы для комплексной механотерапии:

$$E = (\frac{1}{4}q_{11} + \frac{1}{4}q_{12} + \frac{1}{2}Q_2)\cdot(\frac{1}{4}t_{11} + \frac{1}{4}t_{12} + \frac{1}{2}T_2)\cdot K \qquad (14),$$

где q_{11}– критерий, оценивающий воздействие массажа на мышцы; q_{12} – критерий, оценивающий вибрационное механическое воздействие; Q_2– критерий воздействия общего (задняя поверхность тела человека) механического массажа как элемента вытяжения позвоночника; t_{11}–

критерий, характеризующий воздействие грузов различной массы или возможность тяги с помощью собственного веса; t_{12}– критерий, характеризующий дозированное вытяжение, задающееся с помощью компьютерной программы; T_2– критерий дистракционного воздействия на позвоночник; K– критерий, характеризующий возможность оценки механотерапевтического воздействия на организм человека.

Проанализированы существующие механотерапевтические установки и определены для них значения целевой функции (табл.1).

Таблица 1.

Значения критериев механотерапевтического воздействия для различных установок

Критерий / Метод механотерапии	q_{11}	q_{12}	Q_2	t_{11}	t_{12}	T_2	K	E
TRAComputer, Германия	0,8	0	1	0	1	0	0,8	0,14
HILL Anatomotor, США	0,5	0,8	0	0	1	0	0,8	0,06
СЛП-1, Беларусь	0,5	0,5	1	1	0	0	1	0,19
Ормед	0,5	0,8	0	0,8	0,8	0	0,8	0,10

Установлено, что наиболее перспективным является метод комбинированной механотерапии, в котором сочетается метод естественного последовательного нагружения позвоночника под действием собственного веса по заданной программе в зависимости от индивидуальных особенностей пациента и периодический массаж мышц с учетом физиологических изгибов позвоночника. Два вида воздействия синхронизированы в реальном масштабе времени, согласованном с биоритмами организма.

Принцип адекватности соблюден при формировании в главе 2 алгоритмов выбора нагрузки дистракции и частоты вибрации при механическом массаже с помощью предложенной динамической модели тела человека.

Проведено расчетно-теоретическое определение основных конструкторских параметров и разработано схемотехническое решение биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека с использованием разработанной динамической модели.

Разработана биотехническая система для комплексной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека, определена элементная база дистракционно-массажной установки, содержащая механические элементы отечественного производства.

Создан макет биотехнической системы и разработано программное обеспечение с базой данных пациентов. Разработана методика комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека.

В процессе разработки биотехнической системы для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека в диссертационной работе выполнены основные принципы синтеза биотехнических систем: целеполагания, адекватности и идентификации.

Четвертая глава посвящена разработке метода оценки эффективности лечения заболеваний опорно-двигательной системы человека с помощью компьютерной тетраполярной реовазографии («Система для неинвазивной диагностики центральной, церебральной и периферической гемодинамики» - «АРМ-РЕО», МГТУ им.Н.Э.Баумана) и унифицированных международных опросников (ВОЗ): «Характер боли по Мак-Гиллу» (баллы, 0÷10); «Индекс хронической нетрудоспособности по Вадделю» (баллы, 0÷9); «Оценка боли по визуальной аналоговой шкале» (мм, 0÷100). Унифицированные международные опросники адекватно отражают состояние больных в процессе комбинированной механотерапии, что делает актуальным их использование при различных вариантах лечения больных с заболеваниями опорно-двигательной системы.

В МГТУ им.Н.Э.Баумана на факультете «Биомедицинская техника» на кафедре валеологии совместно с кафедрой факультетской терапии им. акад. А.И.НЕСТЕРОВА лечебного факультета РГМУ обследовано 60 пациентов с шейно-грудным остеохондрозом и 52 пациента с поясничным остеохондрозом на базе неврологического и терапевтического отделения филиала II-го филиала госпиталя № 5 ВВС. Контрольную группу составили 45 практически здоровых человек, у которых при тщательном сборе анамнеза и обследовании не выявлено эпизодов болей в спине. Характеристики обследованных больных приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Характеристики обследованных больных

Средний возраст пациентов	Число пациентов
Шейно-грудной остеохондроз – 60 чел.	
Мужчины - 33,8±3,6 лет Женщины - 31,5±2,8 лет	31 чел. (52 %) 29 чел. (48 %)
Поясничный остеохондроз – 52 чел.	
Мужчины - 37,6±4,5 лет Женщины - 35,1±3,8 лет	38 чел. (73 %) 14 чел. (27 %)

В случае шейно-грудного остеохондроза центральная гемодинамика изучалась в сосудистых зонах симметричных участков шеи и головы. Исследовались бассейны позвоночной и сонной артерии. В случае поясничного остеохондроза проводилось исследование регионарной гемодинамики при помощи компьютерной тетраполярной реовазографии. Исследовались бассейны передней и большеберцовых артерий. Исследование проводилось по стандартной методике в покое и при

нагрузке, до проведения комбинированной механотерапии и после сеансов дистракционного вытяжения.

Анализ полученных результатов показывает, что у 88% больных с шейно-грудным остеохондрозом выявлено нарушение венозного оттока, у 84% - нарушение полушарного кровотока, у 82% - снижение пульсового кровенаполнения, у 35% - нарушение мозгового сосудистого сопротивления, у 78% - снижение тонуса мелких сосудов.

Анализ полученных результатов показывает, что у 82% больных с поясничным остеохондрозом отмечено снижение пульсового кровенаполнения, у 87% - нарушение венозного оттока, у 77% - снижение тонуса мелких сосудов.

После проведенных процедур комбинированной механотерапии анализ показателей гемодинамики выявил, что у 82% больных шейно-грудным остеохондрозом нормализовался тонус мелких сосудов, у 68% - улучшилось пульсовое кровенаполнение, у 74% - нормализовался венозный отток; у 78% больных поясничным остеохондрозом улучшилось пульсовое кровенаполнение, у 61% - нормализовался тонус мелких сосудов.

Среди изученных показателей центральной гемодинамики в процессе лечения наиболее информативными при шейно-грудном остеохондрозе оказались дикротический и диастолический индексы и полушарный кровоток. Результаты корреляционного анализа приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Результаты корреляционного анализа клинико-гемодинамических параметров при шейно-грудном остеохондрозе

Показатели болевого синдрома	Показатели реовазографии					
	Ампли-туда	**ДКИ**	ДСИ	РК	**Полушарный кровоток**	Мозговое сосудистое сопротивление
Характер боли по Мак-Гиллу	0,42	**0,67**	0,23	0,12	**0,75**	0,28
Индекс хронической нетрудоспособности по Вадделю	0,41	**0,78**	0,27	0,08	**0,68**	0,32
Оценка боли по ВАШ	0,39	**0,65**	0,19	0,04	**0,72**	0,31

Среди изученных показателей регионарной гемодинамики в процессе лечения наиболее информативными при поясничном остеохондрозе оказались дикротический индекс и пульсовой локальный объем крови, отражающие нарушение артериального притока и затруднение венозного оттока. В табл. 4 продемонстрированы результаты корреляционного анализа клинико-гемодинамических параметров при поясничном остеохондрозе.

Полученные данные реовазографического исследования убедительно показывают, что расстройства гемодинамики вносят существенный вклад в

формирование болевого синдрома в спине, обусловленного механическими факторами (дегенеративными изменениями позвоночника).

Таблица 4.

Результаты корреляционного анализа клинико-гемодинамических параметров при поясничном остеохондрозе

Показатели болевого синдрома	Показатели реовазографии					
	Ампли-туда	**ДКИ**	ДСИ	РК	**ПЛОК**	МЛОК
Характер боли по Мак-Гиллу	0,38	**0,64**	0,13	0,05	**0,77**	0,37
Индекс хронической нетрудоспособности по Вадделю	0,31	**0,63**	0,19	0,04	**0,72**	0,35
Оценка боли по ВАШ	0,41	**0,75**	0,2	0,017	**0,75**	0,39

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1) Международные опросники адекватно отражают состояние больных в процессе комбинированной механотерапии, что делает актуальным их использование при различных вариантах лечения больных с болями в спине.

2) У пациентов с заболеваниями опорно-двигательной системы имеются выраженные нарушения гемодинамики, которые достоверно ($p<0,05$) умсньшаются после проведения комбинированной механотерапии.

3) Корреляционный анализ клинических и гемодинамических показателей с высокой достоверностью свидетельствует о роли гемодинамических расстройств в формирование болевого синдрома при заболеваниях опорно-двигательной системы.

Значение целевой функции дистракционно-массажной установки для комбинированной механотерапии составляет 0,75, что в 4 раза превосходит значения для установок, обеспечивающих вытяжение позвоночника.

Результаты проведенной апробации макета дистракционно-массажной установки доказывают эффективность разработанного метода комбинированной механотерапии лечения заболеваний опорно-двигательной системы человека.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.

1. В результате анализа научно-технических данных и современного состояния проблемы показана актуальность, практическая значимость и возможность создания биотехнической системы комбинированной механотерапии для лечения пациентов с заболеваниями опорно-двигательной системы.

2. Для оценки воздействия, создаваемого в биотехнической системе изучены биомеханические характеристики биообъекта, разработана и идентифицирована динамическая модель тела человека при условиях дистракционно-массажного воздействия. В процессе исследования

установлены параметры данной модели, адекватно описывающие биомеханику тела человека при дистракционно-массажном воздействии.

3. В результате теоретического исследования модели системы «дистракционно-массажная установка – тело человека» определены области работоспособности дистракционно-массажной установки, определены биоадекватные параметры механотерапевтического воздействия (нагрузка, частота и амплитуда движения массажных элементов).

4. Разработана целевая функция БТС комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека, в которой сочетается метод естественного последовательного нагружения позвоночника в зависимости от индивидуальных особенностей пациента и периодический массаж мышц с учетом физиологических изгибов позвоночника. Два вида воздействия синхронизированы в реальном масштабе времени. Значение целевой функции для разработанной дистракционно-массажной установки составляет 0,75, что в 5 раз превосходит значения для существующих механотерапевтических установок, что подтверждается достоверным улучшением гемодинамических и клинических показателей.

5. На базе результатов проведенных исследований разработана биотехническая система для комбинированной механотерапии заболеваний опорно-двигательной системы человека. Создан макет дистракционно-массажной установки. Разработаны методики оценки эффективности воздействия механотерапии на тело человека.

6. В результате апробации созданного макета дистракционно-массажной установки подтверждена применимость разработанных на основе динамической модели тела человека параметров воздействия.

7. Разработанный метод комплексной механотерапии является эффективным и безопасным немедикаментозным методом терапии болей в спине, что позволяет рекомендовать его применение в широкой врачебной практике.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Мысина Г.А. Основы создания новых средств для комплексной механотерапии с позиции теории биотехнических систем и устройств //Медицинский научный и учебно - методический журнал. – 2002 - № 6. – С.97-108.

2. Нарайкин О.С., Семикин Г.И., Мысина Г.А. Биомеханические основы методов комплексной механотерапии и математическая модель тела человека //Медицинская радиоэлектроника. – 2001. -№ 9. – С. 18-23.

3. К вопросу о состоянии регионарной гемодинамики у пациентов с болями в спине / Г.И. Семикин, А.Ю. Кастров, Г.А. Мысина и др. // Научно-практическая ревматология. – 2001. - №1. – С. 30-35.

4. Реабилитационно-оздоровительные мероприятия при пояснично-крестцовом остеохондрозе позвоночника / Г.И. Семикин, В.В. Тишкин, Г.А. Мысина, А.Ю. Кастров // Медицинский научный и учебно - методический журнал. – 2001. - № 7. – С.46-56.

5. Динамика показателей периферического кровообращения при комплексной механотерапии у пациентов с «болями в спине» / Г.И. Семикин, О.С. Нарайкин, Г.А. Мысина и др.// Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. - № 9. – С. 58-63.

6. Боли в спине – новые подходы к проблемам реабилитации / Е.Е. Аринина, Г.И. Семикин, Г.А. Мысина и др.// Реабилитационная помощь населению в Российской Федерации: 1-ый Всероссийский конгресс. – М., 2003. – С. 13-16.

7. Семикин Г.И., Мысина Г.А., Гудков В.В. Разработка биотехнической системы для комплексной механотерапии позвоночника пациентов с "болями в спине" // Медико-технологические технологии на страже здоровья: Российская научно-техническая конференция - Геленджик, 1999. – С. 10.

8. Семикин Г.И., Мысина Г.А., Кастров А.Ю., Аринина Е.Е. Биотехническая система для лечения пациентов с "болями в спине" //Медико-технические технологии на страже здоровья: Российская научно-техническая конференция – Геленджик, 2000. – С. 64-65.

9. Семикин Г.И., Мысина Г.А., Аринина Е.Е. Исследования периферического кровообращения у больных остеохондрозом позвоночника при помощи компьютерной тетраполярной реовазографии «Арм-рео» //Медико-технические технологии на страже здоровья: 3-я международная научно-техническая конференция.- Анталия (Турция), 2001. – С. 14.

10.Семикин Г.И., Нарайкин О.С., Мысина Г.А. Математическая модель тела человека. Физические основы комплексной механотерапии //Медико-технические технологии на страже здоровья: 3-я международная научно-техническая конференция.- Анталия (Турция), 2001. – С. 102.

11.Нарайкин О.С., Семикин Г.И., Мысина Г.А. Определение частотных характеристик тела человека при выборе оптимальных параметров вытяжения позвоночника // Медико-технические технологии на страже здоровья: 4-я международная научно-техническая конференция. – Анталия (Турция), 2002. – С. 135.

12.Оценка индивидуальных нагрузок при дистракционно-массажной терапии заболеваний опорно-двигательной системы человека /Г.А. Мысина, П.В. Лужнов, Л.А. Шамкина, М.Н. Симоненко // Медико-технические технологии на страже здоровья: 5-я международная научно-техническая конференция. - Шарм Эль Шейх (Египет), 2003. – С. 146.

Подписано к печати 03.03.2004 г. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 32
Типография МГТУ им.Н.Э.Баумана