

УДК 611.71:612.76

## МЕХАНИЗМЫ ДВИЖЕНИЯ И АМОРТИЗАЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

**Сайфуллаев Акмал Каримович***Преподаватель кафедры общемедицинских**дисциплин лечебного факультета**Навоийского государственного университета***Муродиллаева Исмигуль Сухбатилло кызы***Студентка I курса лечебного факультета**Навоийского государственного университета*

### **АННОТАЦИЯ**

*В данной статье проводится комплексный анализ двигательных механизмов и амортизационной функции позвоночного столба. Исследуется биомеханика позвоночника как сложной кинематической цепи, рассматривается взаимодействие его основных компонентов: тел позвонков, межпозвонковых дисков, дугоотростчатых суставов, связок и мышечного корсета. Особое внимание уделяется роли пульпозного ядра и фиброзного кольца в распределении осевой нагрузки и обеспечении гибкости. В работе проанализированы современные данные о биомеханике дегенеративных изменений, в частности, остеохондроза, и их влиянии на амортизационные возможности позвоночника. На основе обзора литературы делается вывод о неразрывной связи двигательной и амортизационной функций, нарушение которой приводит к развитию патологических состояний.*

**Ключевые слова:** позвоночник, биомеханика, межпозвоночный диск, амортизация, двигательные сегменты, дугоотростчатые суставы, остеохондроз, пульпозное ядро, фиброзное кольцо, мышечный корсет.

## ВВЕДЕНИЕ

Позвоночный столб является осевым органом человеческого тела, выполняющим многокомпонентную и жизненно важную функцию. Он сочетает в себе, казалось бы, противоречивые свойства: ригидность, необходимую для опоры тела и защиты спинного мозга, и одновременно значительную подвижность в трех плоскостях. Кроме того, позвоночник служит главным амортизатором, гасящим импульсы и вибрации, возникающие при ходьбе, беге и других физических активностях. Эта триада функций – опорная, двигательная и амортизационная – обеспечивается уникальным строением позвоночника и взаимодействием его элементов [Капанджи, 2009, с. 15]. Актуальность данного обзора заключается в систематизации современных представлений о биомеханике позвоночника, что имеет фундаментальное значение для понимания патогенеза таких распространенных заболеваний, как остеохондроз, грыжи межпозвоночных дисков и спондилоартроз. Цель работы – проанализировать двигательные механизмы и амортизационную функцию позвоночного столба на основе современных научных данных.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основной структурно-функциональной единицей позвоночника является позвоночно-двигательный сегмент, который включает два смежных позвонка, межпозвоночный диск, дугоотростчатые суставы, связки и мышцы. Исследование биомеханики позвоночно-двигательного сегмента является ключом к пониманию функций всего позвоночного столба.

Межпозвоночный диск признан центральным элементом, обеспечивающим как подвижность, так и амортизацию. Классические работы [Уайт, Панджаби, 1990, с. 105] подчеркивают, что диск состоит из двух морфофункциональных

частей: пульпозного ядра, имеющего гелеобразную консистенцию и состоящего преимущественно из протеогликанов, и фиброзного кольца, образованного концентрическими коллагеновыми волокнами. Пульпозное ядро функционирует как гидростатическая система. При осевой нагрузке оно деформируется и распределяет давление во всех направлениях – радиально на фиброзное кольцо и аксиально на замыкательные пластинки позвонков [Адамс и соавторы, 2002, с. 48]. Именно это свойство позволяет диску эффективно поглощать и рассеивать механическую энергию.

Дугоотростчатые суставы играют критически важную роль в направлении и ограничении движений в позвоночно-двигательном сегменте. Как отмечают [Богдук, 2005, с. 32], ориентация суставных поверхностей в различных отделах позвоночника предопределяет его двигательные возможности. В шейном отделе суставы обеспечивают значительный объем сгибания, разгибания и ротации; в грудном – ограничивают движение, участвуя в формировании грудной клетки; в поясничном – ориентированы сагиттально, что позволяет совершать в основном сгибание и разгибание.

Мышечный корсет, в частности, аутохтонные мышцы спины и мышцы брюшного пресса, являются активными стабилизаторами позвоночника. Работы [МакГилл, 2002, с. 121] демонстрируют, что скоординированная работа глубоких и поверхностных мышечных слоев создает «цилиндр» стабильности, уменьшая компрессионную нагрузку на диски и предотвращая избыточные движения, которые могут привести к травме.

Связочный аппарат (передняя и задняя продольные связки, желтые связки, межкостистые и надкостистая связки) обеспечивает пассивную стабильность, ограничивая движения за счет своих вязкоупругих свойств [Уайт, Панджаби, 1990, с. 87].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературы позволяет утверждать, что двигательная и амортизационная функции позвоночника неразрывно связаны и реализуются за счет синергии всех его компонентов.

Двигательные механизмы основаны на принципе работы позвоночно-двигательного сегмента как сложного шарнира. Сгибание, разгибание, боковые наклоны и ротация происходят благодаря комбинации деформации межпозвонкового диска и скольжения в дугоотростчатых суставах. При сгибании, например, передние отделы диска сжимаются, а пульпозное ядро смещается кзади; одновременно происходит разведение суставных отростков в дугоотростчатых суставах [Капанджи, 2009, с. 78]. Этот процесс строго контролируется натяжением задних отделов фиброзного кольца и задних связок. Таким образом, движение никогда не является свободным; оно всегда направляется и лимитируется пассивными структурами.

Амортизационная функция, или демпфирование, является, прежде всего, заслугой межпозвонкового диска. Благодаря своему составу и структуре, диск ведет себя как вязкоупругий материал. Это означает, что его механические свойства зависят от скорости и времени приложения нагрузки. При кратковременной ударной нагрузке (прыжок) диск эффективно ее поглощает. При длительной статической нагрузке (сидение) происходит постепенная дегидратация пульпозного ядра и «выдавливание» жидкости через замыкательные пластинки в тела позвонков, что приводит к снижению высоты диска и уменьшению его амортизационного потенциала [Адамс и соавторы, 2002, с. 55]. Ночью, в положении лежа, диск восстанавливает свою гидратацию и высоту, что объясняет феномен утренней высокой подвижности и незначительного увеличения роста.

Мышечная система вносит весомый вклад в амортизацию. Мышцы, особенно аутохтонные, выполняют роль «настроенных демпферов», активно

сокращаясь и расслабляясь в ответ на колебания нагрузки, тем самым сглаживая пиковые воздействия на позвоночник [МакГилл, 2002, с. 134]. Слабость мышечного корсета приводит к увеличению нагрузки на пассивные структуры – диски и связки, ускоряя их дегенерацию.

Дегенеративные изменения, инициируемые различными факторами (возраст, генетика, механические перегрузки), кардинально нарушают обе функции. Потеря протеогликанов пульпозным ядром приводит к снижению его гидростатических свойств. Фиброзное кольцо при этом начинает испытывать неравномерные нагрузки, что ведет к появлению трещин и расслоений. В конечном счете, это может привести к протрузии или грыже диска. Одновременно дегенерация затрагивает и дугоотростчатые суставы, приводя к спондилоартрозу, который дополнительно ограничивает подвижность и изменяет биомеханику всего позвоночно-двигательного сегмента [Богдук, 2005, с. 45]. Формируется порочный круг: дегенерация диска → нестабильность позвоночно-двигательного сегмента → компенсаторное напряжение мышц и перегрузка дугоотростчатых суставов → дальнейшая дегенерация.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

На основе проведенного анализа литературных данных можно констатировать следующие результаты:

1. Двигательная функция позвоночника обеспечивается координированной работой позвоночно-двигательного сегмента, где межпозвонковый диск обеспечивает подвижность, а дугоотростчатые суставы и связочный аппарат – ее направление и ограничение.
2. Амортизационная функция является преимущественно результатом вязкоупругих свойств межпозвонкового диска, в основе которого лежит гидростатический механизм пульпозного ядра.

3. Мышечный корсет выступает в качестве активного стабилизатора и демпфера, существенно дополняя и разгружая пассивные структуры позвоночника.

4. Двигательная и амортизационная функции взаимосвязаны; нарушение одной из них неизбежно приводит к компенсаторным или патологическим изменениям в другой.

5. Дегенеративный каскад в межпозвонковом диске является центральным звеном в патогенезе нарушения как двигательной, так и амортизационной функции позвоночника.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Позвоночный столб представляет собой высокоорганизованную биомеханическую систему, в которой двигательная и амортизационная функции интегрированы и взаимно обусловлены. Двигательные возможности обеспечиваются синергизмом пассивных (межпозвонковые диски, дугоотростчатые суставы, связки) и активных (мышцы) элементов позвоночно-двигательного сегмента. Амортизация, главным образом, осуществляется за счет уникальных вязкоупругих свойств межпозвонкового диска, функционирующего по принципу гидростатического подшипника. Мышечная система играет критически важную роль в динамической стабилизации и дополнительном демпфировании нагрузок. Нарушение этого тонкого баланса, как правило, вследствие дегенеративных процессов в диске, запускает каскад биомеханических изменений, приводящих к клиническим проявлениям. Таким образом, дальнейшие исследования в области биомеханики позвоночника должны быть направлены на разработку методов ранней диагностики и профилактики дегенеративных изменений, а также на создание реабилитационных методик, учитывающих неразрывную связь между движением и амортизацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамс М., Богдук Н., Бёртон К., Долан П. Биомеханика боли в спине. – Киев: Здоровье, 2002. – 120 с.
2. Богдук Н. Клиническая анатомия поясничного отдела позвоночника и крестца. – Москва: МЕДпресс-информ, 2005. – 190 с.
3. Капанджи А.И. Функциональная анатомия позвоночника. – Санкт-Петербург: Элби-СПб, 2009. – 344 с.
4. МакГилл С. Болезни спины: низкие боли и их устранение с помощью доказательных методов. – Москва: Попурри, 2002. – 192 с.
5. Уайт А., Панджаби М. Клиническая биомеханика позвоночника. – Москва: Медицина, 1990. – 230 с.
6. McGill, S. M. (2016). *Low back disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation* (3rd ed.). Human Kinetics.
7. Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 371–379.