

УДК 616-072.7

ПРИМЕНЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В РЕАБИЛИТАЦИИ

Габец В.Л., Есьман, Г.А., Бондаренко В.А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В данной работе было проведено исследование в области создания и применения медицинских аппаратов и приборов на основе биомеханической обратной связи, которая позволяет обеспечивать контроль, усиление либо ослабление физиологических показателей пациента, и дает возможность повысить лабильность механизмов регуляции.

Ключевые слова: биомеханическая обратная связь, биологическая обратная связь, медицинская приборы, датчики, реабилитация.

APPLICATION OF BIOMECHANICAL FEEDBACK IN REHABILITATION

Habets V., Yesman G., Bondarenko V.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. In this work, a study was conducted in the field of creation and use of medical devices and instruments based on biomechanical feedback, which allows for control, strengthening or weakening of the patient's physiological indicators, and makes it possible to increase the lability of regulatory mechanisms.

Key words: biomechanical feedback, biofeedback, medical equipment, sensors, rehabilitation.

*Адрес для переписки: Бондаренко В.А., ул. Сурганова 47/4-323, г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vladka.bond7@gmail.com*

Использование интеллектуальных устройств и носимых технологий в повседневной жизни значительно возросло за последнее десятилетие. Это справедливо и в области спорта и физической реабилитации. В спорте профессиональные спортсмены и спортсмены-любители постоянно пытаются улучшить свои навыки и результаты, используя передовые технологии, что в конечном итоге может привести к конкурентному преимуществу. Аналогичным образом, при физической реабилитации пациенты используют технологии, позволяющие сократить процесс реабилитации и повысить его эффективность.

Одной из концепций, которая приводит к улучшению выполнения деятельности и производительности и, следовательно, к конкурентному преимуществу в спорте или улучшению процесса реабилитации, является **биомеханическая обратная связь (БОС)**. БОС – это метод лечения и контроля тела, в котором используются датчики для измерения физиологических и физических функций, параметров и движений тела человека, в том числе таких, которые не могут быть восприняты органами чувств человека. Данные датчиков обрабатываются, и результаты передаются человеку через одно из органов чувств. Человек пытается отреагировать на полученную информацию, чтобы изменить воспринимаемые функции, параметры и действия желаемым образом, замыкая тем самым петлю обратной связи.

Системы БОС обычно состоят как минимум из четырех основных элементов: пользователя, одного или нескольких датчиков, блока обработки и одного или нескольких исполнительных механизмов. Датчик(и) измеряют активность пользователя и

отправляют данные в процессор. Блок обработки анализирует данные и генерирует обратную связь, которая предоставляется пользователю через привод(ы). Пользователь реагирует на этот отзыв, исправляя или меняя свою деятельность [1].

Различные датчики, измеряющие физиологические или биомеханические параметры тела используются и изучаются в различных приложениях в спортивной и физической реабилитации. Выбор наиболее подходящих датчиков сильно зависит от измеряемых параметров и переменных, выполняемой деятельности и предполагаемого использования системы БОС.

Блок обработки получает сигналы и данные от датчиков и обрабатывает их. Тип и работа процессора зависят от требований системы к обработке. Датчик и блок обработки могут быть интегрированы в одно и то же устройство или могут быть реализованы как два отдельных устройства. В последнем случае они обычно подключаются беспроводным способом, но в некоторых используется и проводное соединение. В настоящее время нет необходимости в устройствах с высокой вычислительной мощностью, и, в целом, вычислительная мощность не является проблемой при разработке приложений, поскольку микроконтроллеры и персональные компьютеры могут выполнять практически все необходимые задачи [2].

Информация обратной связи должна быть значимой и понятной пользователю. Ее передача осуществляется в различных модальностях, определяемых стимуляцией чувств человека: слуховых для звука, визуальных для зрения, вибротактильных или тактильных для осязания.

Система биологической обратной связи общается с пользователем, предоставляя информацию с помощью различных исполнительных механизмов, таких как визуальные дисплеи, наушники или динамики, вибрирующие браслеты или очки дополненной реальности. Очень важно использовать правильный тип модальности: информация обратной связи не должна мешать модальностям, используемым для выполнения действия, и не должна налагать слишком большую дополнительную когнитивную нагрузку. Тем не менее, разные модальности могут использоваться одновременно или в одном приложении, но только при соблюдении условий, упомянутых выше.

Разработка систем БОС ориентирована на физическую активность, а все, что касается технических компонентов, руководствуется принципом, что используемое оборудование не должно препятствовать движению человека. Если это так, то системы БОС могут принести пользу и быть полезными для пользователя, в противном случае они могут иметь противоположные эффекты. Технологии датчиков, связи и исполнительных механизмов должны работать в желаемой среде; оборудование для занятий плаванием должно отличаться от того, которое используется для реабилитации ходьбы или бега. Однако исследования как ходьбы, так и бега могут использовать аналогичную или одну и ту же систему для оценки двух разных движений.

Тот же набор датчиков часто используется для тренировки баланса. Расширенное использование кинематического датчика продемонстрировано в танцевальном приложении, где сложные движения фиксируются и используются в качестве входных данных для слуховой обратной связи. Датчики в виде умной одежды и текстиля вероятно, будут очень интересны для исследований БОС в будущем. Есть примеры датчиков, которые можно использовать для оценки активности всего тела, и в будущем они превратятся в умные ткани, использующие оптические волокна и датчики деформации для определения движения.

Общая тенденция в этой области направлена на использование носимых датчиков и интеллектуального спортивного оборудования. Размещение носимых датчиков имеет первостепенное значение, поскольку только датчик, размещенный в правильном месте на теле или оборудовании, способен обнаружить желаемое движение, которое, однако, зависит от конкретного применения и не может быть обобщено.

Также стоит отметить, что в большинстве работ используется частота дискретизации около 100 Гц.

Эта частота подходит для регистрации большинства моделей движений человека. Хотя некоторые конкретные движения или события, такие как удары, требуют более высоких частот дискретизации и, вместе с тем, более мощного оборудования. Частота дискретизации также связана с используемой полосой пропускания связи. То есть, если устройства не могут обмениваться данными быстрее и ограничены в передаче данных, частоту дискретизации можно уменьшить, чтобы компенсировать ограничения аппаратного обеспечения [2].

Необходимы дальнейшие исследования влияния модальностей в разных ситуациях. После того как движение зафиксировано и обработано, соответствующая информация о движении возвращается пользователю посредством определенной модальности. Этого можно добиться разными способами. В начале разработки системы БОС исследователи должны решить, какую информацию они хотят донести до пользователя и как они хотят этого добиться. Сложность и представление информации обратной связи могут значительно различаться в зависимости от модальности.

В большинстве случаев используется визуальная обратная связь, что неудивительно, ведь зрение – основное чувство человека. Визуальная информация может быть представлена на дисплее и в большинстве случаев не требует пояснений для пользователей и требует минимального обучения. С другой стороны, слуховая и тактильная обратная связь требуют определенного обучения перед использованием. Визуальную обратную связь можно обеспечить преимущественно во время стационарных упражнений в спортивной тренировке или реабилитации.

Одним из способов сделать визуальную обратную связь полезной в портативных приложениях является использование дополненной реальности. Также заслуживают изучения некоторые элементарные исследования с использованием дополненной реальности и виртуальной реальности с головными дисплеями, хотя в будущем в этой области потребуются дополнительные исследования.

Литература

1. Real-Time Biomechanical Feedback Systems in Sport and Rehabilitation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://encyclopedia.pub/entry/25041>. – Date of access: 24.09.2023.
2. Oonagh M Giggins, Ulrik McCarthy Persson, Brian Caulfield, Biofeedback in rehabilitation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-10-60>. – Date of access: 25.09.2023