

На правах рукописи

Давлетьярова Ксения Валентиновна

**ХАРАКТЕРИСТИКИ И МЕХАНИЗМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ
АДАПТАЦИИ У ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ
ЗДОРОВЬЯ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Томск – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный консультант:

доктор медицинских наук,
профессор

Капилевич Леонид Владимирович

Официальные оппоненты:

Быков Евгений Витальевич – доктор медицинских наук, профессор, проректор по НИР, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры».

Поскотинова Лилия Владимировна – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук

Рубанович Виктор Борисович - доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры спортивных дисциплин ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Защита состоится « _____ » _____ 2021 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 208.096.01 при ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России по адресу: 634050, г. Томск, Московский тракт, 2

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке Сибирского государственного медицинского университета и на сайте <http://ssmu.ru>

Автореферат разослан « _____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Петрова Ирина Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Проблемы людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) в настоящее время являются одним из важных аспектов жизни современного общества. Исходя из нормативно-правовых актов Российской Федерации, люди, имеющие ограниченные возможности здоровья, являются полноправными членами общества (Алехина С.В., 2014; Беленкова Л.Ю., 2011; Мартынова Е. А., 2015; Семёнова Е.В., 2018; Давлетьярова К.В., 2020).

Однако со стороны медицинского и физиологического аспектов люди с ОВЗ воспринимаются как пациенты, которым необходима специализированная медицинская помощь, что создает барьер для интеграции в социум. Это особенно выражено в детском и студенческом возрасте, в том числе, характерно для обучения в общеобразовательной школе или вузе (Давлетьярова К.В., 2010, 2020; Щербаков Н. С., 2011; Anokhin P.K., 1974; Takada M., 2009; Wurdeman S., 2013; Vityaev E.E., 2018).

Одним из важных уникальных свойств организма человека является возможность приспосабливаться к меняющимся условиям как внешней, так и внутренней среды. Исходя из теории управления, биологический адаптационный процесс испытывает постоянные колебания во время перехода функциональной системы гомеостаза на новый уровень регуляции. При этом основным механизмом формирования адаптационного процесса является вариабельность функционирования физиологических систем. Показано, что управление процессом адаптации возможно за счет влияния на отдельные звенья функциональной системы (Karilevich L. V., 2017; Давлетьярова К.В., 2010, 2011).

Важной составляющей формирования и развития человека является движение. Развивая все уровни и звенья ЦНС, обеспечивается оптимальный уровень компенсаций физических нарушений, том числе при нарушении опорно-двигательного аппарата. Движение - это неотъемлемая часть жизнедеятельности и работоспособности человека, поэтому важно сформировать у лиц с ОВЗ, связанными с ограничением подвижности опорно-двигательного аппарата, двигательный навык, образованный за счет совокупности собственных компенсаторных механизмов-(Баланев Д. Ю., 2015; Lorrain T., 2011).

Любое движение (ходьба, бег и т. д.) имеет свой двигательный стереотип, который является индивидуальной совокупностью рефлекторных движений, реализуемых в определенной последовательности в целях обеспечения познотонических функций (Витензон А.С., 2005; Витензон А.С., 2016; Давлетьярова К.В., 2020).

Формирование двигательного стереотипа является важным адаптационным процессом у лиц с ОВЗ, связанным с многократным повторением раздражителя с вовлечением ЦНС, подчиняется теории функциональных систем П.К. Анохина.

В современном обществе в процессе социально-психологической адаптации лиц с ОВЗ физиологический подход менее выражен, чем интегративный. Согласно опубликованным работам рядом авторов, решение проблемы возможно с помощью двигательной активности, являющейся основным методом социальной и

психофизиологической адаптации (Девишвили Д.М., 2015; Contreras-Vidal JL., 2003; Savin D. N., 2010; Давлетьярова К.В., 2020). При этом эффективность такого нейрофизиологического подхода оценивается постулатами теории функциональных систем.

Согласно теории функциональных систем П.К. Анохина способность к мобилизации компенсаторных механизмов нарушенных функций организма возможна только при вовлечении большого числа звеньев функциональной системы, расположенных, преимущественно, в различных отделах центральной и периферической нервной системы, но, всегда объединенных функционально, в зависимости от конечного эффекта приспособления (Anokhin P.K., 1975; Namaoui A., 2002; Давлетьярова К.В., 2020).

Перестройка механизмов приспособления и мобилизация собственных функциональных резервов, последовательность подключения на различных уровнях функциональной системы являются основными моментами успешного адаптационного процесса. В первую очередь, включаются в работу обычные, характерные для данного процесса физиологические реакции, далее, происходит чрезмерное напряжение адаптационных механизмов с большими энергетическими затратами, используя функциональные резервы организма (Хазов В. С., 2012).

Критериями успешного адаптационного процесса являются нормализация вегето-сосудистого баланса, формирование особого двигательного стереотипа за счет подключения собственных компенсаторных механизмов, направленных на компенсацию нарушенных функций.

Степень разработанности темы исследования. Физиологический подход социальной адаптации у лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы или опорно-двигательного аппарата, реализуется менее успешно, чем интегративный. Однако, в настоящее время, интерес к проблеме физиологической адаптации через изучение основных физиологических, биомеханических параметров, показателей координации и равновесия у лиц с ОВЗ возрастает.

Так, ряд авторов рассматривали возможность адаптационного процесса у лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата через изучение биомеханических характеристик ходьбы, бега (Борзиков В.В., 2018; Давлетьярова К.В., 2010; Тушмалова Н. А., 2000; Петрушанская К. А., 2005).

Исследование показателей координации и равновесия также является важным в процессе изучения механизмов адаптации лиц с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата (Давыдов О. Д., 2014; Железный М. Н., 2012; Казакова С.М., 2011).

Оценка координации и равновесия является важным звеном, определяющим адаптационные механизмы. Так, нарушение проприорецепции, изменение анатомической структуры стопы оказывают существенное влияние на равновесие тела в пространстве, следовательно, выполнение не только сложно-координационных движений, но и простых, например, ходьбы, будет затруднено (Коновалова Н.Г., 2014; Минасов Б. Ш., 2011; Финченко С.Н., 2012; Namaoui A., 2002).

Процесс адаптации студентов с ОВЗ с нарушениями сердечно-сосудистой системы к условиям высшей школы также является многоуровневым, при этом напряжение центрального контура нервной системы, вегетативные нарушения рассматривались некоторыми авторами как механизмы адаптационного процесса (Бодров И.Г., 2018; Джебраилова Т.Д., 2013; Котельников С.А., 2002; Ларионова Е.Л., 2005).

Тем не менее, целостные механизмы процесса адаптации лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата или сердечно-сосудистой в социальную среду изучены недостаточно. Исследованы лишь отдельные звенья процесса физиологической адаптации, в том числе, основанных на теории функциональных систем П.К. Анохина.

Ранее проведенные исследования основывались, первую очередь, на исследовании способов восстановления нарушенных функций, но не на компенсации имеющихся нарушений за счет мобилизации имеющихся функциональных резервов.

Цель исследования: изучить характеристики и механизмы физиологической адаптации лиц с ограниченными возможностями здоровья к условиям учебной и спортивной деятельности, а также к выполнению стандартных локомоций.

Задачи исследования:

1. Определить основные факторы, ограничивающие функциональные возможности у лиц с ОВЗ и обуславливающие формирование адаптации к условиям учебной и спортивной деятельности, а также к выполнению стандартных локомоций.

2. Изучить характеристики и механизмы адаптации студентов с ОВЗ, обусловленными нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы, к условиям обучения в вузе.

3. Изучить характеристики и механизмы адаптации к спортивной деятельности у футболистов с ограниченными возможностями здоровья, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

4. Изучить характеристики и механизмы адаптации к выполнению стандартных локомоций у детей с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

5. Определить общие закономерности физиологической адаптации лиц с ОВЗ к различным условиям социальной и спортивной деятельности.

Научная новизна. В работе впервые выполнена комплексная физиологическая оценка и анализ основных факторов и механизмов формирования адаптации к различным условиям учебной, спортивной деятельности и выполнению стандартных локомоций у лиц с ОВЗ на основе теории функциональных систем П.К. Анохина.

Впервые показано, что у лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями со стороны сердечно-сосудистой системы, обстановочной афферентацией, обуславливающей потребность в адаптации к обучению в вузе, является чрезмерный вегетативный дисбаланс, приводящий к напряжению

центрального контура регуляции и снижению функциональных резервов. У лиц с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата, процесс адаптации к обучению в вузе ограничивается снижением мозгового кровотока, понижением качества функции равновесия (значит, координации и равновесия в целом), а также чрезмерным влиянием зрительного контроля на устойчивость. Механизмы адаптации к обучению в вузе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением со стороны сердечно-сосудистой системы, в первую очередь, связаны с восстановлением вегетативного баланса. При этом, у студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата, механизмы адаптационного процесса связаны с увеличением параметров устойчивости при поддержании позы, а также, равновесия в целом.

Впервые показано, что у футболистов с нарушениями опорно-двигательного аппарата факторами, ограничивающими эффективность спортивной деятельности, являются:

- смещение общего центра тяжести (ОЦТ) при выполнении удара по мячу дискоординирует работу мышечной системы верхних и нижних конечностей при ударе;
- дефект стопы, при этом нарушается афферентная составляющая, снижая афферентное возбуждение в стопе, что усложняет процесс поддержания вертикальной позы, рассогласовывая работу мышц верхних и нижних конечностей, а также мышц корпуса.
- чрезмерное влияние зрительного анализатора при выполнении движения.
- нарушение кровообращения в вертебро-базиллярном бассейне, изменение мозгового кровотока, что проявляется нарушением равновесия при повороте головы, что существенно снижает точность удара.

Впервые показано, что двигательная адаптация футболистов ОВЗ, обусловленными нарушениями опорно-двигательного аппарата, характеризуется снижением скорости движений и амплитуды колебаний ОЦТ с одновременным с движением плечевого пояса, смещением головы вперед и вниз при выключении зрительного анализатора и нарушениях гемодинамики в вертебро-базиллярном бассейне, а также чрезмерной работой икроножных мышц при выполнении удара. Подключение адаптивных механизмов формирует особый двигательный стереотип футболистов с ОВЗ, повышая точность удара и результативность игры.

Впервые показано, что у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности, факторами обстановочной афферентации являются смещение ОЦТ, нарушение координации и равновесия, изменение мозгового кровотока, деформация стопы, а также ограничение движений в крупных суставах верхних и нижних конечностей, а фактором мотивации, обеспечивающим конечный результат – потребность в выполнении локомоций для максимальной адаптации к условиям социальной среды.

Впервые выделены особенности динамического стереотипа у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности:

- дезорганизация движений нижних конечностей, преимущественно, коленного сустава при движении в вертикальной плоскости, задержка во второй части шага перемещения ОЦТ вперед;
- в течение всего локомоторного цикла ограничение движения в тазобедренном суставе характеризовалось сгибательно - приводящей позицией, скомпенсированной раскачиванием туловища;
- смещение плечевого сустава в вертикальной плоскости, которое подстраивается под движение ОЦТ, оставаясь в противофазе.
- рассогласованные движения локтевого и лучезапястного суставов (движение в противофазе);
- одновременное повышение тонуса как мышц-сгибателей, так и мышц-разгибателей;
- у детей, передвигающихся самостоятельно, обнаружено явление гиперсинхронизации, характеризующееся увеличением амплитуды осцилляций с одновременным снижением ее частоты;
- для детей, способных передвигаться только с опорой, явление синхронизации не характерно, при этом амплитуда осцилляций снижалась, а частота, напротив, возрастала;
- повышенная активность прямых мышц спины также характерна для детей с ОВЗ при нарушении подвижности ОДА, при этом для детей, передвигающихся с опорой, явление синхронизации не характерно;
- снижение биоэлектрической активности мышц задней поверхности бедра с одновременным увеличением мышц передней поверхности бедра, преимущественно у детей, передвигающихся самостоятельно.

Впервые описаны механизмы функциональной адаптации при формировании особого двигательного стереотипа у детей с нарушением подвижности опорно-двигательного аппарата:

- в результате биомеханических изменений, в частности, вовлечение икроножных мышц и прямых мышц спины в процесс локомоции, а также дезорганизация движения в суставах верхних и нижних конечностей запускает перестройку двигательных программ, направленную на формирование особого двигательного стереотипа;
- несовершенное вегетативное обеспечение дистальных отделов конечностей при адекватном функциональном резерве проксимальных отделов;
- нарушение координации и равновесия при замедлении перемещения ОЦТ активизирует одновременно как мышцы-сгибатели, так и мышцы-разгибатели;
- гиперсинхронизация двигательных единиц как икроножных мышц, так и мышц спины.

В работе впервые описаны основные механизмы достижения оптимального адаптационного ответа у лиц с ОВЗ различного характера, в основе которых лежит формирование особого двигательного стереотипа, обеспечивающего адекватный адаптационный ответ.

Теоретическая и практическая значимость. В работе сформулирована новая научная концепция, описывающая закономерности и механизмы формирования адаптации к различным условиям учебной, спортивной деятельности и выполнению стандартных локомоций у лиц с ОВЗ. Формирующаяся при этом единая функциональная система, способна объединять все афферентные анализаторы, высшие центры головного мозга и эфферентное звено центральной нервной системы с мышечной системой опорно-двигательного аппарата, причем от состояния каждого из звеньев зависит направленность и характер адаптационных процессов.

Результаты диссертации внедрены в учебный процесс на отделении физической культуры Томского политехнического университета и на факультете физической культуры Томского государственного университета.

Методология и методы исследования. Методология настоящего исследования основана на теории функциональных систем П.К. Анохина и на концепции взаимосвязи основных положений теории адаптации и методики формирования двигательных навыков. В работе использовался комплекс физиологических методов: компьютерная тензодинамография, электромиография, реовазография, motion tracking (покадровая съемка движения), компьютерная стабилотография, кардиоинтервалография.

Положения, выносимые на защиту.

1. Основными факторами, обуславливающими потребность в адаптации к обучению в вузе у лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями со стороны сердечно-сосудистой системы, являются чрезмерный вегетативный дисбаланс, приводящий к напряжению центрального контура регуляции и снижению функциональных резервов. При этом у лиц с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата, процесс адаптации к обучению в вузе ограничивается снижением мозгового кровотока, понижением качества функции равновесия (значит, координации и равновесия в целом), а также чрезмерным влиянием зрительного контроля на устойчивость. Механизмы адаптации к обучению в вузе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением со стороны сердечно-сосудистой системы, в первую очередь, обусловлены восстановлением вегетативного баланса за счет смещения вегетативного тонуса в сторону симпатикотонии, укорочения восстановительного периода, а также, существенного снижения индекса напряжения. При этом у студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата, механизмы адаптационного процесса характеризуются увеличением параметров устойчивости при поддержании позы, а, значит, и равновесия в целом, что проявлялось снижением амплитуды и скорости колебаний центра давления, а также увеличением значения показателя «качество функции равновесия».

2. У футболистов с ограниченными возможностями здоровья, обусловленными нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата, формируется специфический двигательный стереотип выполнения ударных движений, который характеризуется снижением амплитуды и увеличением скоростей компонентов ударных движений (средняя скорость перемещения центра давления, скорость изменения площади статокинезиграммы, средняя линейная скорость), значительным усилением неоднородности движений, более выраженным вовлечением в движение верхней части туловища и головы. Описанные особенности обуславливают перераспределение мышечной активности при выполнении ударов по мячу: футболисты с ОВЗ в значительной степени задействуют мышцы бедра и голени, тогда как спортсмены без ОВЗ, в большей степени, задействуют мышцы бедра. У спортсменов с ОВЗ выражены различия в биоэлектрической активности мышц голени при выполнении разных типов ударов, тогда как у контрольной группы такие различия отсутствуют.

3. У детей с ОВЗ, связанными с ограниченной подвижностью, формируется специфический двигательный стереотип, обусловленный задержкой перемещения ОЦТ вперед и дезорганизацией движений нижних конечностей; чрезмерным раскачиванием туловища, ограниченной подвижностью в уступающей фазе и усилением в преодолевающей фазе шага с согласованием вертикальных перемещений плеча с движением общего центра тяжести. Это сопровождается перестройкой паттернов мышечной активности: преимущественным вовлечением икроножных мышц и прямых мышц спины, а также одновременным повышением активности мышц - разгибателей и сгибателей. При этом важными факторами адаптации являются центральные механизмы гиперсинхронизации активности двигательных единиц и функциональный резерв регионарного кровотока в проксимальных отделах нижних конечностей.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Полученные результаты имеют высокую степень достоверности, основанной на большом количестве обследованных (n=289) при выполнении диссертационной работы, использовании современных методических приемов и современных методов исследования, корректном применении методов статистического анализа.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях: Научной конференции с международным участием, посвященной 120-летию кафедры нормальной физиологии СибГМУ и кафедры физиологии ТГУ «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии» (Томск, 2009); XXI-ой Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Физическая культура, спорт и туризм в высшем профессиональном образовании», (Ростов-на-Дону, 2010); Всероссийской научно-практической конференции «Стратегия формирования здорового образа жизни средствами физической

культуры и спорта: опыт, перспективы развития», (Тюмень, 2010); XXI съезде физиологического общества им. И.П. Павлова (Калуга, 2010); Международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии», Судак, 2012, 2015, 2017, 2018 г.г.); 3-й Международной мультидисциплинарной конференции социальных наук и искусства, SGEM 2016, (Албена, 2016); 4-й Международной мультидисциплинарной конференции социальных наук и искусства, SGEM 2017, (Албена, 2017).

В процессе реализации исследования работа получила финансовую поддержку следующими грантами:

1. Региональным грантом Российского гуманитарного научного фонда в 2010 году со сроком выполнения 2 года. №10-06-64601. Региональный конкурс «Российское могущество прирастает будет Сибирью и Ледовитым океаном» 2010 - Томская область. «Повышение уровня двигательной активности, сохранение и укрепление здоровья студентов, освобожденных от физического воспитания, через организацию занятий лечебной физической культурой».

2. Индивидуальным грантом РФФИ № 12-04-16149-моб_з_рос. Научный проект «Физиологические особенности двигательных навыков у студентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата» для представления на научном мероприятии «15-м юбилейном международном научно-практическом конгресс - конференции «Инновационные преобразования в сфере физической культуры, спорта и туризма», г. Ростов-на-Дону, п. Новомихайловский.

3. РГНФ №15-16-70005 «Создание методов физической реабилитации детей с двигательными нарушениями на основе биомеханических закономерностей» (2015-2016).

4. РФФИ № 16-18-00016 «Двигательная, социальная, психологическая адаптация детей с ограниченными возможностями к обучению в системе профессионального образования» (2016-2018).

Публикация результатов исследования. По материалам диссертации опубликовано 38 работ, из них 20 статей опубликованы в ведущих рецензируемых журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 2 монографии, 2 учебных пособия, 13 статей и тезисов по материалам конгрессов и конференций, а также 1 статья в журнале, не входящем в перечень журналов, рекомендованных ВАК.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации. Автором самостоятельно разработаны научная концепция и дизайн исследования, самостоятельно сформулированы его цели и задачи. Автор принимал непосредственное участие в выполнении физиологических и биомеханических исследований, самостоятельно провела статистический анализ результатов, самостоятельно осуществила их научную интерпретацию, самостоятельно сформулировала выводы и положения, выносимые на защиту.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 252 страницах машинописного текста, иллюстрирована 31 таблицей и 92 рисунками. Работа состоит из введения, шести глав (обзор литературы,

материал и методы исследования, трех глав результатов собственных исследований, обсуждение), выводов, списка литературы, включающего 116 ссылок на отечественные и 93 ссылки на зарубежные источники.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Всего в исследовании принимали участие 289 человек. Из них юноши – 179 человек и девушек – 110 человек. Исследование включало три блока.

Блок 1. Определение факторов, влияющих на механизмы двигательной адаптации студентов с ОВЗ к учебным нагрузкам, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата или сердечно-сосудистой системы

В качестве объекта исследования были студенты I-II курса Томского политехнического университета (ТПУ), имеющие ограниченные возможности здоровья, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы или опорно-двигательного аппарата. Возраст студентов составлял от 17 до 19 лет. Все обследуемые входят в группу лечебная физкультура. 19 человек составляли группу контроля, в которую вошли студенты I-II курса ТПУ.

По типу ограничения возможности здоровья были сформированы две группы. Первую группу (40 человек, из них 16 мужчин и 24 женщины) составили студенты, имеющие ОВЗ, связанными с нарушением сердечно-сосудистой системы. Во вторую группу (42 человек, из них 19 мужчин и 23 женщины) вошли студенты, имеющие ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата.

В группу студентов с ОВЗ, связанными с нарушением сердечно-сосудистой системы, входили студенты I и II курсов с доминирующими нарушениями: вегето-сосудистая дистония по гипертоническому, гипотоническому типам, гипертоническая болезнь, анемия, пролапс митрального клапана II степени.

В группу студентов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата, входили студенты I и II курсов с доминирующими заболеваниями: плоскостопие III степени, сколиозы II-III степени, остеохондропатии, остеохондроз в фазе ремиссии, состояния после травм и переломов в позднем восстановительном периоде.

Студенты, имеющие оба типа ОВЗ, исключались из исследования.

Каждая группа обследовалась двукратно – в начале учебного года (сентябрь) и по окончании (май), после занятий по методике, влияющей на физиологическую адаптацию студентов. Занятия проводились 2 раза в неделю, продолжительность занятия – полтора часа.

Блок 2. Формирование факторов, определяющих двигательную адаптацию у футболистов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата

Объект исследования – студенты - мужчины I-III курса (n=100) Томского государственного университета (ТГУ) и ТПУ в возрасте $20,5 \pm 1,6$ лет. Класс футболистов соответствовал уровню сборной университета.

К основной группе были отнесены футболисты с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата (плоскостопием II-III степени в сочетании с сколиозом II-III степени) (n=50).

Контрольную группу (n=50) составляли футболисты без нарушений опорно-двигательного аппарата. Частота тренировок и уровень нагрузок во время тренировочного процесса были идентичны. Тренировки проходили в подготовительный период 3 раза в неделю. Каждая тренировка длилась 2 часа и включала упражнения на совершенствование технического мастерства: передачи мяча в парах и тройках, удары по мячу и по воротам. Также совершенствовалась тактическое мастерство спортсменов с помощью различных упражнений на групповое взаимодействие.

Блок 3. Определение факторов, определяющих способность к двигательной адаптации детей с ОВЗ, связанными с ограниченной подвижностью.

В исследование были включены 90 детей в возрасте от 8 до 12 лет (средний возраст $10,4 \pm 1,7$ лет), в том числе 54 мальчика и 36 девочек.

Основную группу составили 60 детей (36 мальчиков и 24 девочки) с ОВЗ.

Основная группа была разбита на две подгруппы - дети, способные к самостоятельным локомоциям (всего 30 детей, в том числе 18 мальчиков и 12 девочек), и дети, способные к локомоциям только с дополнительной поддержкой (всего 30 детей, в том числе 17 мальчиков и 13 девочек).

Методы исследования: биомеханический анализ MotionTracking; компьютерная стабилография; электромиография; реовазография; кардиоинтервалография; компьютерная тензодинамометрия; статистический метод.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Блок 1. Адаптация к учебной деятельности студентов с ограниченными возможностями здоровья, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата или сердечно-сосудистой системы

Для изучения особенностей адаптации сердечно – сосудистой системы к учебной деятельности и физическим нагрузкам студентов с ОВЗ, занимающихся по методике адаптации, использовался метод кардиоинтервалографии (КИГ). Индекс напряжения (ИН) наиболее полно информирует о степени напряжения компенсаторных механизмов организма, уровне функционирования центрального контура регуляции ритма сердца. Для наблюдения в динамике функционального состояния организма студентов, занимающихся по адаптационной методике, сравнивали показатели ИН в начале и конце учебного года, статистически значимые различия ($p < 0,05$) были найдены в фоновой, клино-ортостатической пробах в группе студентов с нарушениями сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата, а также во 2 ортостатической пробе в группе

студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата (табл. 1, 2).

Таблица 1 - Показатели индекса напряжения (%) группы студентов 1 курса с ОВЗ, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы в начале учебного года и после семестра занятий по адаптационной методике

	1-й семестр	2-й семестр
Фон проба	52,3±4,7	19,3±3,9*
Клино-ортостатическая проба	40±9,3	19,7±1,7*
1-я ортостатическая проба	27,3±2,1	14,7±1,7*
2-я ортостатическая проба	38,5±1,8	34,3±3,6
Клиноортостатическая проба	25,7±2,2	11,3±1,3*

*- достоверное различие при $p < 0,05$ по сравнению с группой контроля

Таблица 2 - Показатели индекса напряжения (%) группы студентов 1 курса с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата в начале учебного года и после года посещения по методике улучшения физической адаптации

	1-й семестр	2-й семестр
Фон проба	45,7±1,8	7,1±1,2*
Клино-ортостатическая проба	19,7±3,2	12,5±4,8
1-я ортостатическая проба	14,3±1,6	10,5±2,4
2-я ортостатическая проба	27,3±4,1	11,3±0,9*
Клиноортостатическая проба	8,5±2,4	6,5±1,9

*- достоверное различие при $p < 0,05$ по сравнению с группой контроля

Полученные данные свидетельствуют о том, что во всех пробах КИГ у студентов с нарушениями сердечно-сосудистой системы значения ИН в начале семестра были достоверно ($p < 0,05$) выше, чем у студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, причем, после курса занятий по методике улучшения двигательной адаптации в группе студентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, снижение значения ИН было в большей степени ($p < 0,05$). Кроме статистического анализа показателей КИГ было проведено процентное соотношение состояний в группах по следующим параметрам: исходный вегетативный тонус, вегетативная реактивность, вегетативное обеспечение деятельности, тип реакции на ортостатическую нагрузку, восстановительный период.

- Исходный вегетативный тонус (ИВТ) на 1 курсе в исследуемых группах был представлен различными состояниями. Показано, что в группе студентов с нарушениями сердечно-сосудистыми заболеваниями, ИВТ, в начале учебного года был представлен на 50 % эйтонией, ваготонией на 33%

и симпатикотонией на 17%, тогда как в конце учебного года ИВТ был полностью ваготонический. У студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата в начале учебного года было зафиксировано: ваготония – 44,4%, эйтония – 22,2%, гиперсимпатикотония – 33,3%, при этом после года занятий по методике восстановления двигательной адаптации исходный вегетативный тонус был представлен ваготонией (87,5%) и эйтонией (12,5%), а состояний симпатикотонии и гиперсимпатикотонии обнаружено не было.

На 2 курсе ИВТ группы студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата, в конце года достигал 100% ваготонического, в начале учебного года он составлял 31,3% эйтонии и 69,7% ваготонии. В группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы, также были улучшения ИВТ: ваготония увеличивалась с 54% до 66,7%, эйтония с 36% снизилась до 30,3%, а гиперсимпатикотония уменьшилась до 9,9%.

- Вегетативная реактивность (ВР). Было показано, что на 1 курсе как в группе студентов с нарушениями сердечно-сосудистой системы, так и в группе с нарушением ОДА, курс занятия по методике восстановления двигательной адаптации сдвигал ВР в сторону нормостенической реакции (50% в группе с нарушениями сердечно-сосудистой системы и 37% в группе с нарушениями опорно-двигательного аппарата), кроме того, гиперсимпатикотоническая реакция увеличивалась в группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата с 0% до курса занятий по восстанавливающей методике до 12,5% после занятий. На 2 курсе положительный эффект на ВР от курса методики восстановления двигательной адаптации подтверждался дальнейшим прогрессированием нормостенической реакции в обеих экспериментальных группах и полным исчезновением остальных типов реакции.

- Достаточное вегетативное обеспечение деятельности (ВОД) возрастало как в группе студентов с нарушениями сердечно-сосудистой системы, так и в группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата, кроме того, увеличивалось избыточное ВОД в группе студентов с изменениями сердечно-сосудистой системы и полностью исчезало недостаточное. На 2 курсе достоверных различий не обнаружилось.

- Восстановительный период (ВП). Было показано достоверное снижение реакции утомления и увеличение нормального ВП, а у группы студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы: повысился показатель симпатической реакции, что свидетельствует о положительном влиянии методики восстановления двигательной адаптации на функциональное состояние студентов. На 2 курсе заметных изменений не наблюдалось, что свидетельствует о стабильном состоянии организма.

С помощью метода стабиллографии проводились исследования показателей равновесия и координационных способностей у студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы или опорно-

двигательного аппарата, занимающихся по методике восстановления двигательной адаптации. Показатели равновесия и координационные способности также улучшались во всех группах, при этом в группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата, все изменения были более выражены.

При выполнении теста на устойчивость, который отражает колебания общего центра тяжести (ОЦТ) при положении стоя в течение минуты и характеризует способность испытуемого поддерживать равновесие, у студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата было показано, что в первой половине учебного года (сентябрь) такие показатели, как разброс по фронтальной и сагиттальной плоскости, площадь эллипса, средняя скорость перемещения центра давления (ЦД) и качество функции равновесия (КФР) у студентов с нарушениями ОДА достоверно отличались ($p < 0,05$) от показателей равновесия студентов, входящих в группу контроля. При этом было выявлено принципиальное отличие показателей равновесия между основной и контрольной группой: у студентов основной группы разброс в сагиттальной плоскости был на 24% меньше, чем во фронтальной ($p < 0,05$). Тогда как, в контрольной группе были получены противоположные данные. Было показано, что значение показателей разброс по фронтальной оси и разброс по сагиттальной оси в основной группе были достоверно выше на 46% и 21% соответственно, чем в группе контроля ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3 - Показатели стабиллограммы студентов 1 курса с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата в тесте на устойчивость

Стабилографические показатели	Основная группа		Контрольная группа	
	сентябрь	май	сентябрь	май
разброс по фронтальной плоскости, мм	44,3±3,6*	38,6±4,8*#	23,9±2,5	22,4±2,0
разброс по сагиттальной плоскости, мм	35,6±1,4*	32,7±3,2	28,1±2,4	26,3±2,2
ср. скорость перемещения ЦД, мм/сек	44,2±6,4*	35,7±5,5*#	27,1±3,5	26,6±2,9
площадь эллипса, кв.мм	22763,8±1394,6*	18449,9±559,1*#	16021,5±456,8	15095,5±436,5
КФР, %	22,7±4,3*	29,8±1,1*#	40,4±3,3	42,9±5,7

- достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,05$

Полученные отличия между группами, возможно, связаны с тем, что при нарушениях опорно-двигательного аппарата, таких, как сколиоз, остеохондроз, изгибы позвоночного столба будут как во фронтальной области, так и в сагиттальной плоскости, что приводило к некоторой «инверсии» в

координационных способностях. В отличие от людей без ОВЗ, где изгибы позвоночного столба лежат по сагиттали, поэтому удержание равновесия во фронтальной плоскости становится затруднительно.

Второе контрольное измерение стабилотографических показателей проводили в конце года (май) после курса занятий по методике восстановления адаптации. Было отмечено смещение показателей равновесия в направлении значений в группе контроля: возросло КФР, снижались разброс во фронтальной плоскости, снижалась скорость перемещения ЦД, а также уменьшалась площадь эллипса (табл. 3). Несмотря на уменьшение разницы между величинами разброса по фронтальной и сагиттальной плоскости до 18%, «инверсия» функции равновесия сохранялась. Этот факт свидетельствует в пользу гипотезы о ведущей роли анатомических факторов в формировании данного феномена.

При стабилотографическом исследовании студентов 2 курса с ОВЗ, связанными с нарушениями ОДА, была выявлена та же тенденция изменений показателей равновесия после курса занятий по методике восстановления адаптации, что и на 1 курсе (табл. 4).

Таблица 4 - Показатели стабилотограммы студентов 2 курса с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата в тесте на устойчивость

Стабилотографические показатели	Основная группа		Контрольная группа	
	сентябрь	май	сентябрь	май
разброс по фронтальной плоскости, мм	39,7±8,1#	36,9±0,8#	25,6±1,7	20,1±1,2
разброс по сагиттальной плоскости, мм	33,7±5,4*#	29,2±0,8*#	23,1±1,9	21,3±1,2
ср. скорость перемещения ЦД, мм/сек	54,0±2,6*#	38,1±3,6*#	27,6±2,5	23,6±1,9
площадь эллипса, кв.мм	19420,9±3154,4	15580,6±427,5*	17011,5±426,8	14082,5±422,1
КФР, %	15,8±5,4*#	25,7±2,9*#	41,5±3,1	45,9±5,9

* - достоверность различий с контрольной группой, $p < 0,05$

- достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,05$

Стоит отметить, что показатели стабилотографии у студентов с нарушениями ОДА в начале учебного года на 1 и 2 курсе достоверно ($p < 0,05$) отличались. Было показано, что показатель разброс по фронтали на 1 курсе был достоверно ($p < 0,05$) ниже на 12%, чем на 2 курсе. В группе контроля различий ($p < 0,05$) не было выявлено. Аналогичные результаты были получены при анализе показателя средняя скорость перемещения: показано, что данный показатель на 1 курсе ниже ($p < 0,05$) на 22%, чем на 2 курсе. Это, в первую

очередь, связано с тем, что на 2 курсе происходит активная мобилизация функциональных резервов поддержания равновесия и вертикальной позы. В группе контроля различий ($p < 0,05$) также не было выявлено.

Для оценки уровня развития функции равновесия применялся тест Ромберга, который выполнялся двумя способами: с открытыми и закрытыми глазами (табл. 5).

Таблица 5 - Стабилографические показатели студентов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата в тесте Ромберга с открытыми и закрытыми глазами

Стабилографические показатели	Группа с нарушениями ОДА в сентябре		Группа с нарушениями ОДА в мае		Контроль	
	открытые глаза	закрытые глаза	открытые глаза	закрытые глаза	открытые глаза	закрытые глаза
Разброс по фронтальной плоскости, мм	2,1±0,1	3,1±0,1* $\$$	2,2±0,3	2,4±0,2#	2,2±0,3	2,3±0,1
Площадь эллипса, кв.мм	91,4±0,7	172,8±1,8* $\$$	93,4±1,2	158,5±1,2*# $\$$	101,1±1,2	138,4±2,2 $\$$
Качество функции равновесия, %	87,3±2,9	73,1±4,2 $\$$	95,4±2,8*#	77,4±4,1# $\$$	6,4±2,2	76,1±3,1 $\$$

* - достоверность различий с контрольной группой, $p < 0,05$

- достоверность различий в группе в начале и конце года, $p < 0,05$

$\$$ - достоверность различий показателей при открывании глаз, $p < 0,05$

При сравнении результатов пробы Ромберга с открытыми и закрытыми глазами было обнаружено, что в группе с нарушениями ОДА зрительный контроль играет большую роль в поддержании равновесия, чем у студентов без ОВЗ. В контрольной группе при закрывании глаз разброс во фронтальной плоскости возрастал на 5%, тогда как в основной — на 47%. Площадь эллипса в контрольной группе при закрывании глаз увеличивалась на 27%, тогда как у студентов с нарушениями ОДА прирост был на 47%. КФР в контрольной группе снижалось на 12%, а в основной группе — на 16%. К концу учебного года в основной группе мы наблюдали некоторое снижение значимости зрительного контроля для поддержания равновесия: разброс во фронтальной плоскости возрастал всего на 9%, а площадь эллипса — на 41%. Тенденция на снижение роли зрительного контроля означает совершенствование двигательных навыков после занятий по методике восстановления адаптации.

Таким образом, анализируя функциональные возможности организма, в частности вегето-сосудистого баланса, в зависимости от методики восстановления, можно сделать вывод, что занятия по восстановительной методике адаптации способствовали к улучшению функциональных показателей организма во всех группах. Так, было показано уменьшение показателя индекс напряжения и улучшение таких показателей, как исходный вегетативный тонус, вегетативная реактивность, вегетативное обеспечение деятельности и восстановительный период. Но, было отмечено, что на 2 курсе

улучшение данных показателей или прекращалось, или происходило крайне медленно, что может быть связано с тем, что способность к адаптации максимальна на 1 курсе и сохраняется на этом же уровне на и на втором.

Важно отметить, что ИВТ становился ваготоническим, причем во всех исследуемых группах.

Также, наблюдался прирост нормальной вегетативной реактивности, снижение асимпатикотонической, симпатикотонической и гиперсимпатикотонической реактивности. Таким образом, улучшалось состояние центрального контура регуляции, а следовательно, и мобильность вегетативной нервной системы на различные раздражители.

Было выявлено увеличение достаточного и снижение недостаточного вегетативного обеспечения деятельности в обеих группах, что может указывать на достижение стабильности в работе вегетативной нервной системы в течение длительного времени. Также, был прирост нормального восстановительный период и снижение реакции утомления.

Важно отметить, что все вышесказанные изменения были зафиксированы уже на 1 курсе, причем, в группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением сердечно-сосудистой системы, все положительные функциональные вегето-сосудистые сдвиги были более выражены, чем в группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата.

Показатели равновесия и координационные способности также улучшались во всех группах, при этом в группе студентов ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата, все изменения были более выражены. Регистрировалось увеличение параметров устойчивости при поддержании позы, а также координационные способности в целом. Это характеризовалось уменьшением амплитуды и скорости колебаний центра давления, снижением площади проекции перемещений ЦД, а также в увеличении показателя качества функции равновесия, который характеризует эффективность поддержания позы. Так же наблюдалось снижение отношения величин разбросов во фронтальной и сагиттальной плоскостях, а также уменьшалась роль зрительного контроля в поддержании равновесия. Отмечено, что в группе студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата была зарегистрирована характерная компенсаторная «инверсия», основанная на дисбалансе смещения в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

Таким образом, методика восстановления адаптации является важным способом повышения адаптационных возможностей и функциональных резервов студентов с ОВЗ.

Отмечен важный факт, что нормализация вегето-сосудистого баланса после курса занятий по методике восстановления адаптации преобладала в группе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением сердечно-сосудистой системы, а улучшение качества равновесия и координационных способностей

было более характерным для студентов ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата.

Блок 2. Механизмы формирования двигательного стереотипа у футболистов с особыми возможностями здоровья, связанными с ограничением подвижности

Оценка уровня равновесия у футболистов с особыми возможностями здоровья, связанными с ограничением подвижности при выполнении ударов по мячу

Анализируя результаты статокинезиграммы при выполнении удара внутренней стороной стопы у футболистов основной группы в подготовительной фазе (фаза, предшествующая удару по мячу), ОЦТ смещался назад. Далее, в момент самого удара по мячу, смещение ОЦТ имело вид изогнутой линии, что существенно снижало точность удара. Важным отличием при выполнении удара футболистами основной группы от контрольной являлось колебание ОЦТ в завершающей фазе удара, что является компенсаторным фактором удержания равновесия спортсменом. Происходило снижение таких стабильнографических показателей как разброс по фронтالي, разброс по сагиттали, средняя скорость перемещения ЦД, площадь эллипса, скорость изменения площади статокинезиграммы, средняя линейная скорость при сравнении с футболистами контрольной группы на фоне повышения качества функции равновесия при сравнении с контрольной группой спортсменов (рис. 1, 2).

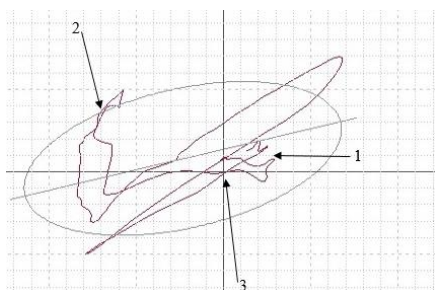


Рисунок 1– Статокинезиграмма удара внутренней стороной стопы футболистом с нарушениями подвижности

Примечание: стрелками указаны:

1. подготовительная фаза;
2. удар по мячу;
3. завершающая фаза движения

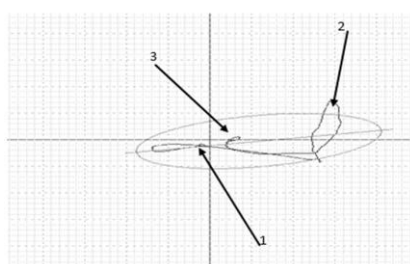


Рисунок 2 – Статокинезиграмма удара внутренней стороной стопы футболистом контрольной группы

Примечание: стрелками указаны:

1. подготовительная фаза;
2. удар по мячу;
3. завершающая фаза движения

При ударе по мячу внешней частью стопы футболистами основной группы во время замаха, ОЦТ смещался назад (рис. 3). Во время удара движение ОЦТ было отличным от траектории самого удара. Так, было показано, что траектория ОЦТ во 2 фазе удара имела изогнутый вид, что сказывалось на точности удара. В 3 фазе на рисунке 3 были видны колебания ОЦТ, что являлось компенсаторной реакцией на измененную траекторию ОЦТ во 2 фазе. Колебания ОЦТ проявлялись колебанием тела футболиста для

удержания равновесия при завершении удара. При этом достоверно ($p < 0,05$) снижался разброс по фронтальной и сагиттальным осям, площадь эллипса, средняя скорость перемещения ЦД, скорость изменения площади статокинезиграммы, однако, качество функции равновесия, напротив, увеличивалось (рис. 3).

При выполнении удара средней частью подъема, ОЦТ во всех трех фазах смещался по аналогичной траектории, что и при ударах внешней и внутренней стороной стопы.

Для исследования равновесия и координации, а также роли зрительного контроля при движении применялся тест Ромберга как с открытыми, так и с закрытыми глазами.

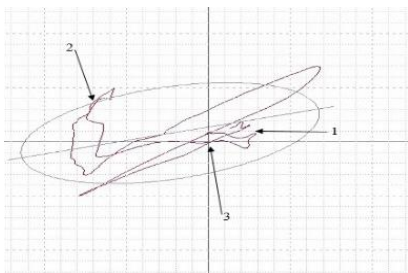


Рисунок 3 – Статокинезиграмма удара внешней стороной стопы футболистом с ограниченной подвижностью

Примечание: стрелками указаны:

1. подготовительная фаза;
2. удар по мячу;
3. завершающая фаза движения

В таблице 6 представлены сводные данные стабิโลграфических показателей теста Ромберга с открытыми с закрытыми глазами в обеих группах. Так, показатель площадь эллипса (кв.мм.) при выключении зрительного анализатора у футболистов с ограничением подвижности достоверно ($p < 0,05$) увеличивался на 35%. Также было отмечено, что скорость изменения площади статокинезиграммы у футболистов с ОВЗ достоверно ($p < 0,05$) увеличилась на 53% при выключении зрительного анализатора, тогда как в группе контроля возрастала на 130% и составляла $36,1 \pm 1,9$ кв. мм/сек. Качество функции равновесия в группе футболистов с ОВЗ достоверно ($p < 0,05$) уменьшилось на 12%, при этом у футболистов контрольной группы снижение данного показателя было на 23% ($p < 0,05$).

При анализе стабิโลграфических показателей при выполнении теста Ромберга с закрытыми глазами видно, что в основной группе футболистов и в группе контроля происходило достоверное снижение показателя качество функции равновесия. Средняя скорость перемещения ЦД, скорость изменения площади статокинезиграммы, площадь эллипс, средняя линейная скорость, напротив, увеличивались. Причем, в группе контроля такие изменения были более выражены, чем группе футболистов с ОВЗ (табл. 6).

Биоэлектрическая активность мышц нижних конечностей при выполнении удара по мячу у футболистов с ограниченными возможностями здоровья с нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата

Был проведен электромиографический анализ активности мышц нижних конечностей (икроножной мышцы (латеральной и медиальной головки), латеральной широкой мышцы (нижняя треть), латеральной широкой

мышцы (верхняя треть), прямой мышцы бедра) при исполнении удара по мячу у футболистов основной группы, а также у футболистов контрольной группы.

В качестве экспериментальной модели были выбраны удары по мячу из стандартного положения без разбега с тремя вариантами техники: удар внутренней стороной стопы, удар внешней стороной стопы и удар средней частью подъема. При реализации удара внешней частью стопы было показано, что биоэлектрическая активность всех исследуемых мышц у футболистов контрольной группы достоверно ($p < 0,05$) выше, чем у футболистов с ОВЗ (табл. 7).

Как видно из таблицы 7, футболисты с ОВЗ выполняли удар по мячу внешней частью стопы, преимущественно задействуя мышцы голени (*m. gastrocnemius, caput mediale*), тогда как футболисты контрольной группы наносили удар по мячу за счет мышц бедра (*m. adductor longus*), подключая медиальную головку икроножной мышцы. Аналогичные результаты были получены при ударе внутренней стороной стопы.

Таблица 7 - Биоэлектрическая активность мышц нижних конечностей футболистов при реализации удара по мячу внешней частью стопы

Группы	Футболисты с ОВЗ (основная группа)	Контрольная группа
Параметр	Максимальная амплитуда, мкВ	Максимальная амплитуда, мкВ
Мышцы		
<i>m. gastrocnemius, caput laterale</i>	331,8±15,5*	959,0±38,0*
<i>m. gastrocnemius, caput mediale</i>	846,9±35,9*	1260,0±88,2*
<i>m. vastus lateralis</i>	421,6±25,2*	608,9±42,8*
<i>m. adductor longus</i>	248,9±24,1*	2819,1±89,3*

* - достоверность различий с контрольной группой, $p < 0,05$

Таким образом, было показано, что у футболистов с ОВЗ происходило перераспределение нагрузки между мышцами нижних конечностей, при этом при выполнении удара нагрузка смещалась в сторону икроножных мышц, тогда как активность мышц бедра снижалась. В контрольной же группе, активность мышц бедра, напротив, преобладала, но, при этом в ходе реализации удара подключались мышцы голени, главным образом, медиальная головка икроножной мышцы.

Биомеханика ударных действий у футболистов с ограниченными возможностями здоровья, связанными с изменениями со стороны опорно-двигательного аппарата

Известно, что любой удар по мячу состоит из четырех фаз:

- Предварительная фаза (1).
- Подготовительная фаза, которая, в свою очередь, делится на 2 этапа: замах ударной ноги (2.1.) опорная (2.2.) - постановка опорной ноги.
- Рабочая фаза (3), включающая в себя сам удар по мячу (3.1.) и проводку (3.2.), при этом ударная нога движется вместе с мячом.

Завершающая фаза (4). На данном этапе принимается исходная позиция для выполнения следующего удара. Было показано, что на 1 этапе

(предварительная фаза) величина смещения в основной группе составляла $875,2 \pm 41,2$ (мм), тогда как в группе контроля $1445 \pm 92,2$ (мм), что на 423% больше, чем линейное смещение головы у футболистов с ОВЗ.

Кроме того, во всех четырех фазах в основной группе были незначительные колебания головы в горизонтальной плоскости. Тогда как, в группе контроля в фазу проводки и в завершающую фазу, было плавное увеличение смещения головы. Таким образом, смещение головы по горизонтальной плоскости в группе футболистов с ОВЗ было достоверно ниже, чем в группе контроля, при этом характер изменения во всех фазах был плавный (рис. 4).

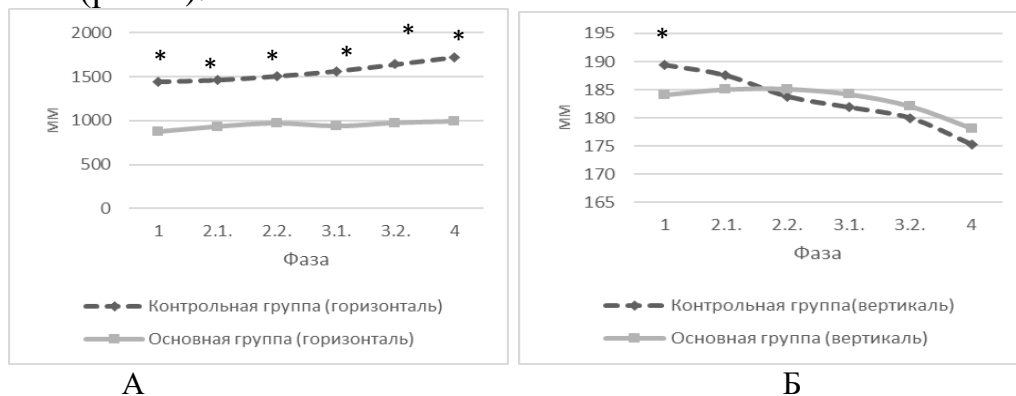


Рисунок 4 - Показатель линейного перемещения головы в горизонтальной плоскости (мм) (А) и вертикальной плоскости (мм) (Б) при ударе внутренней частью стопы
* - достоверность различий между группами ($p < 0,05$)

Величина линейного смещения в голеностопном суставе в группе футболистов с ОВЗ и футболистов контрольной группы во время удара по мячу внешней частью стопы также имела различия между группами.

Так, в группе футболистов с ОВЗ, линейное смещение в горизонтальной плоскости в фазе 1 было на 83,6% ниже ($730,1 \pm 45,2$ мм), чем в контрольной группе ($1340,3 \pm 92,2$ мм). Далее, в группе футболистов с ОВЗ следовало плавное увеличение смещения голеностопного сустава до фазы замаха ударной ноги (2.1.).

Таблица 6 - Параметры стабильности теста Ромберга с открытыми и закрытыми глазами у футболистов с ОВЗ и контрольной группы

Величина	Фронтальная ось (разброс), мм		Сагиттальная ось (разброс), мм		Средняя скорость перемещения ЦД, мм/сек		Площадь эллипса, кв. мм		Скорость изменения площади статокинезиграмм, кв. мм/сек		Качество функции равновесия, %		Средняя линейная скорость, мм/с	
	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная	Футболисты с ОВЗ (основная)	Контрольная
С закрытыми глазами	3,5±0,3	2,7±0,1	4,8±0,4	6,8±0,9	11,8±0,8	14,5±1,3*	219,5±9,1*	342,1±13,1*	20,4±1,1*	36,1±1,9*	72,2±2,5*	63,1±2,9*	12,1±0,6*	14,3±1,4*
С открытыми глазами	3,1±0,4	2,1±0,1	4,2±0,5	5,1±0,3	9,2±0,6	9,0±0,9	142,6±33,1	179,0±22,42	13,4±2,2	15,7±1,5	82,1±2,1	82,1±3,5	9,2±0,6	9,2±0,8

* - достоверность различий показателей теста Ромберга с открытыми и закрытыми глазами, $p < 0,05$

Данный показатель составлял $790 \pm 49,1$ мм, а затем было нерезкое снижение до исходного уровня (фаза 4).

Другая картина наблюдалась у футболистов контрольной группы. Было показано, что вплоть до фазы проведения мяча (3.1.) линейное смещение голеностопного сустава находилось на одном уровне, затем, в сам момент удара по мячу, линейное смещение увеличивалось (рис. 5 А). Также, была проведена оценка линейного смещения голеностопного сустава в вертикальной плоскости. Было отмечено, что у футболистов с ОВЗ до фазы постановки опорной ноги (2.2.) происходило снижение линейного смещения на 5%, а затем, наблюдалось увеличение смещения (с максимумом в фазу 3.2.) ($1043 \pm 82,5$ мм) со снижением до исходного уровня в завершающей фазе (рис. 5 Б).

Еще одним важным показателем является скорость перемещения звеньев тела. Достоверные различия были выявлены при ударе по мячу внутренней частью подъема в тазобедренном суставе.

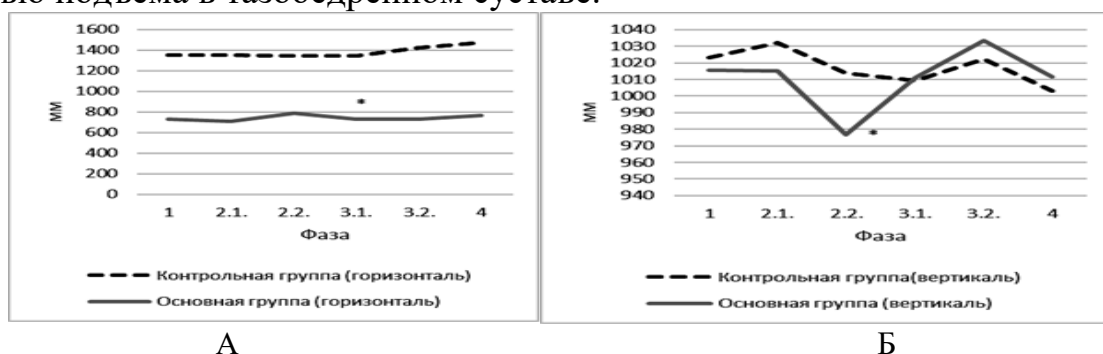


Рисунок 5 - Показатель линейного перемещения голеностопного сустава в горизонтальной плоскости (мм) (А) и вертикальной плоскости (мм) (Б) при ударе внешней частью стопы

* - достоверность различий между группами ($p < 0,05$)

Так, в группе футболистов с ОВЗ было плавное увеличение скорости до фазы «проводка» до $1335,1 \pm 99,3$ мм/с (3.2.), а затем плавное снижение скорости до фазы 4 (рис. 6 А). У футболистов контрольной группы также происходило увеличение скорости тазобедренного сустава в горизонтальной плоскости с максимальным значением скорости в завершающую фазу. При изучении изменения скорости тазобедренного сустава в вертикальной плоскости у футболистов с ОВЗ при ударе по мячу внутренней частью подъема было выявлено, что в фазу 2.1. было резко увеличение скорости в тазобедренном суставе до $219,1 \pm 15,3$ мм/с, далее - резкое снижение до фазы удара и, в завершении, увеличение скорости до $1128,3 \pm 99,3$ мм/с в 4 фазе (рис.6 Б). В контрольной группе, напротив, было резкое снижение до фазы 2.1. на 86 %, далее, в фазу постановки опорной ноги наблюдалось резкое увеличение скорости движения тазобедренного сустава в вертикальной плоскости на 111 %, при этом в момент самого удара было достоверное снижение скорости до $-886,2 \pm 92,1$ мм/с, с дальнейшим повышением скорости до фазы 4.

Таким образом, при исследовании биомеханических и физиологических параметров у футболистов с ограниченными возможностями здоровья,

связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата, были выявлены особенности, способствующие улучшению двигательной адаптации.

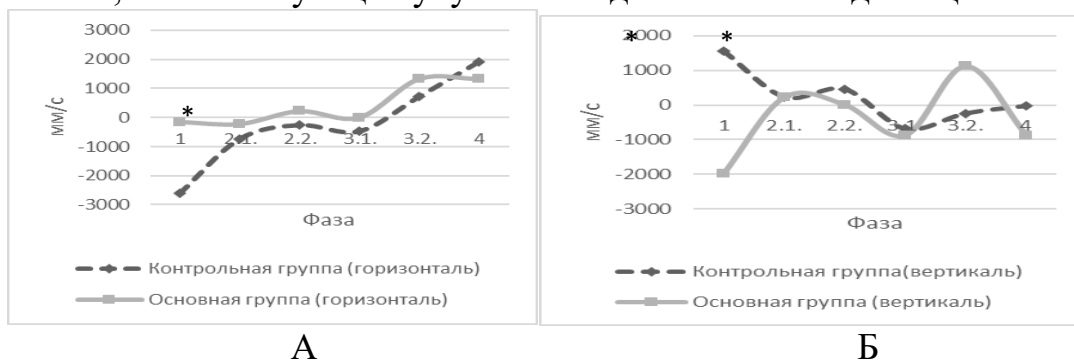


Рисунок 6 - Показатель скорости движения тазобедренного сустава в горизонтальной плоскости (мм) (А) и в вертикальной плоскости (Б) при ударе по мячу внутренней частью стопы.

* - достоверность различий между группами ($p < 0,05$)

Было показано, что при ударе по мячу у футболистов с ОВЗ величина линейного смещения плечевого и локтевого сустава была более выражена при движении в горизонтальной плоскости, чем в вертикальной, при этом, величина смещения в группе футболистов с ОВЗ, была менее выражена, чем в контрольной группе. Кроме того, скорость движения как голеностопного, так и тазобедренного сустава при выполнении проведения мяча в группе футболистов с ОВЗ была выше, чем у футболистов контрольной группы в вертикальной плоскости. Во время фазы «проведение мяча» мячу придается максимальное ускорение, определяющее направление мяча, а, значит, и точность удара. В группе контроля, напротив, после фазы удара скорость уменьшалась. Однако, у футболистов с ОВЗ движение голеностопного сустава при выполнении удара по мячу меньше по амплитуде в горизонтальной плоскости, чем в группе контроля. Скорость тазобедренного и голеностопного суставов в группе футболистов с ОВЗ была непостоянна во всех 4 фазах удара, тогда как в группе контроля данные изменения были более плавные. Так же было отмечено, что при ударе по мячу у футболистов с ОВЗ выражена вовлеченность головы во время удара, при этом она была направлена вперед и вниз.

При анализе координации и равновесия при выполнении ударов внутренней, средней и внешней стороной стопы у футболистов с ОВЗ в подготовительной фазе ОЦТ смещался назад. Далее, в момент самого удара по мячу, смещение ОЦТ имело вид изогнутой линии, что существенно снижало точность удара. Важным отличием при выполнении удара футболистами основной группы от контрольной являлось колебание ОЦТ в завершающей фазе удара, что являлось компенсаторным фактором удержания равновесия спортсменом. Также, было показано, что разброс по сагиттальной и фронтальной осям, а также все скоростные стадиографические параметры: средняя скорость перемещения ЦД, скорость изменения площади статокинезиграммы, средняя линейная скорость были ниже, чем в контрольной группе, тем не менее, показатель качества функции равновесия

был выше, по сравнению с контрольной группой футболистов. Повышение данного показателя связано со снижением скорости перемещения центра давления: чем он ниже, тем больше компенсация нарушенной вертикальной устойчивости тела, характеризующейся снижением площади фигуры при выполнении удара, которая описывается изменением скорости ЦД, что, тем самым, улучшает двигательную адаптацию у футболистов с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата.

При изучении влияния зрительного анализатора на процесс физической адаптации у футболистов с ОВЗ было показано, что в основной группе футболистов и в группе контроля происходило достоверное снижение показателя качества функции равновесия. Средняя скорость перемещения ЦД, скорость изменения площади статокинезиграммы, площадь эллипса, средняя линейная скорость, напротив, увеличивались. Причем, в группе контроля такие изменения были более выражены, чем в группе футболистов с ОВЗ. Это связано с тем, что у футболистов с ОВЗ запускаются компенсаторные механизмы, позволяющие на фоне увеличения скоростей смещения ЦД, уменьшения площади статокинезиограммы уменьшать качество функции равновесия в меньшей степени, чем в группе контроля, тем самым улучшая адаптационные возможности. В контрольной группе данный механизм не работает по ряду причин. Известно, что при неадекватной физической нагрузке будет происходить чрезмерное увеличение скоростей смещения ЦД, ухудшаться качество функции равновесия. Таким образом, можно сделать вывод, что для данной категории футболистов нагрузки подобраны не совсем адекватно и необходимо скорректировать тренировочный процесс в целях улучшения работы проприоцептивного афферентного звена. В группе футболистов с ОВЗ тренировочная программа подобрана в соответствии с возможностями футболистов, поэтому выключение зрительного анализатора не приводит к таким же значительным изменениям показателей, как в контрольной группе.

При анализе стабилографических показателей в тесте Ромберга с поворотом головы налево и направо можно отметить, что у футболистов обеих групп были незначительные изменения в уровне координации и равновесия. Было выявлено, что при повороте головы налево изменения были существенней, чем при повороте направо, причем достоверно увеличивался только показатель площадь эллипса, характеризующий площадь рабочей поверхности. Стоит отметить, что в контрольной группе данные изменения были выраженной, чем в группе футболистов с ОВЗ, при этом качество функции равновесия не изменялось. Это связано также с процессом компенсации, характеризующимся увеличением скоростей смещения ЦД, площади статокинезиограммы и уменьшением качества функции равновесия, причем в меньшей степени, чем в группе контроля. Это приводит к увеличению адаптационных способностей у футболистов с ОВЗ.

Возможно это связано с тем, что у футболистов с ОВЗ во время тренировок усиливается роль проприорецепторного афферентного звена, при

одновременном дисбалансе вестибулярного и зрительного анализаторов как механизма физической адаптации, позволяющего удерживать равновесие при выключении зрительного анализатора и стимуляции вестибулярного аппарата.

При анализе биоэлектрической активности мышц нижних конечностей было показано, что у футболистов с ОВЗ происходило перераспределение нагрузки между мышцами нижних конечностей, при этом при выполнении удара нагрузка смещалась в сторону икроножных мышц, тогда как активность мышц бедра снижалась. В контрольной же группе активность мышц бедра, напротив, преобладала, но в ходе реализации удара подключались мышцы голени, главным образом, медиальная головка икроножной мышцы.

В результате исследований можно выделить следующие механизмы формирования двигательной адаптации у футболистов с ограниченными возможностями здоровья, связанными с нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата.

Согласно теории функциональных систем П.К. Анохина в данной адаптационной модели обстановочной афферентацией, то есть фактором, запускающим адаптационную деятельность является нарушение координации и равновесия при ударе по мячу. Следующим звеном успешной адаптации является мотивация к деятельности, улучшающей координационные способности, а заключительное звено данной функциональной системы – максимальное восстановление нарушенной координации (рис. 7).

Можно выделить 2 фактора изменения координации и равновесия у футболистов с ОВЗ, которые, в свою очередь, запускают механизмы компенсации, формирующие особый двигательный стереотип.

Первый фактор – сколиоз или искривление позвоночника. При этом происходит смещение ОЦТ, что приводит к нарушению возможности адекватно поддерживать вертикальную позу, а также снижению координации и равновесия в целом.

Так, при выполнении теста Ромберга при выключении зрительного анализатора нарушались устойчивость и равновесие, но стоит отметить, что при выполнении удара по мячу снижение координации и равновесия у футболистов были выражены меньше, чем в группе контроля. Однако, дискоординация движения была ярко выражена в группе футболистов с ОВЗ. Кроме того, первый фактор нарушения координации и равновесия влияет на кровообращение в вертебро-базиллярном бассейне. Поворот головы, больше в левую сторону, приводит к потере равновесия при резких колебаниях туловища или внезапной смене положения. Футболисты при выполнении удара выполняли плавные движения руками, тем самым компенсируя нарушения в вертебро-базиллярном бассейне.

Второй фактор, влияющий на координацию и равновесие, это дефект стопы. При несостоятельности опоры изменяется афферентная составляющая, нарушая афферентное проведение возбуждения от нервных окончаний стопы.



Рисунок 7 – Механизмы формирования двигательной адаптации у футболистов с ОВЗ

Это, в свою очередь, снижает способность поддерживать вертикальное положение тела, то есть уменьшаются координационные возможности. Это, несомненно, приводит к рассогласованной работе мышц нижних конечностей и мышц корпуса, что приводит к сложностям выполнения сложнокоординационной работы при вертикальном положении тела. Особенно, это проявляется при опоре на одну ногу. Известно, что при выполнении удара есть фаза опоры на одну ногу.

Для компенсации описанных нарушений и для обеспечения полноценной физиологической адаптации к условиям игры в футбол организм футболистов мобилизует ряд механизмов, которые представлены на рисунке 7.

Механизмы компенсации нарушения координации, согласно теории организации, формируются в двигательной зоне коры головного мозга, задействуя также подкорковые узлы, при обязательном образовании новых связей, обладающих высокой стабильностью.

Снижение скорости движений и амплитуды колебаний ОЦТ, а также вовлечение в движение верхней части туловища (плечевого пояса и верхних конечностей) компенсируют рассогласованность движения верхних и нижних конечностей при искривлении позвоночника.

Смещение головы вперед и вниз является компенсаторным механизмом при выключении зрительного анализатора и нарушений гемодинамики в вертебро-базиллярном бассейне, при этом формируется особая поза, характеризующаяся смещением головы.

При нарушении реакции опоры вследствие дефектов стопы запускается компенсация за счет дополнительной работы групп мышц, в частности, икроножной мышцы.

Все перечисленные факторы, как ограничивающие, так и компенсаторные формируют особый двигательный стереотип, позволяющий увеличить точность удара, формируя адекватную двигательную адаптацию.

Блок 3. Физиологическая адаптация у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности

Анализ биомеханики стопы при прыжке у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности

В результате исследования были получены данные о биомеханических характеристиках выполнения прыжка с тензоплатформы и на тензоплатформу у детей с ОВЗ.

Особенностями фазы отталкивания у детей основной группы является наличие постоянного начального угла в суставах, следовательно, фаза активного отталкивания у них более интенсивная. В результате исследования были так же получены биомеханические показатели прыжка на тензоплатформу у детей с ОВЗ.

Минимальные значения вертикальной составляющей силы (F_z) в основной группе было значительно ниже ($-179,6 \pm 8,6 \text{ Н}$) ($p < 0,05$), чем в контроле. Значения горизонтальной составляющей силы направленной по ходу сторону движения (F_x) было достоверно ниже ($120,2 \pm 5,5 \text{ Н}$) ($p < 0,05$) на 35 %, чем в контрольной группе.

Составляющая силы, направленная в боковые стороны (F_y), была выше у детей основной группы ($-62,5 \pm 4,3 \text{ Н}$) ($p < 0,05$). Значение максимальной вертикальной составляющей силы реакции опоры F_z в группе детей с ОВЗ на 13% было выше, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). При наличии спастических состояний для приложения максимальных усилий при отталкивании в прыжке и обеспечения фазы полета, необходимо приложить больше сил, чем в группе контроля. Значение максимальной горизонтальной составляющей силы реакции опоры, направленной в сторону движения F_x , в основной группе было ниже на 30%, чем в группе контроля. Это, возможно, связано с тем, что время и сила сокращения икроножных мышц в группе детей с ОВЗ ниже. При исследовании временных показателей было показано, что минимальное (начальное время – это время первой реакции в начале прыжка) время приложения усилия оси F_z в группе детей с ОВЗ было на 31 % выше, чем в контрольной группе ($p < 0,05$).

У детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности, ОЦТ смещался в большей степени и возвращался в исходное положение медленней, чем в основной группе, что способствовало возникновению дополнительных произвольных локомоций, существенно влияющих на координацию и равновесие, а, значит, и на время реакции при прыжке.

Кроме того, максимальное время (время, за которое развивается максимальное усилие при прыжке) по осям Z и Y было одинаковым, при этом в группе детей с ОВЗ оно было на 36% больше, чем в контрольной группе ($p < 0,05$).

Минимальная сила реакции опоры вертикальной составляющей F_z в основной группе была на 12 % ниже, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). Наряду с воздействием силы тяжести и инерции на смещение силы реакции опоры влияет состояние мышечной системы, а также биомеханические особенности суставов нижних конечностей при выполнении движения. Минимальные значения силы реакции опоры по оси F_x , напротив, в группе детей с ОВЗ было на 280% выше, чем в основной группе ($p < 0,05$). Максимальная сила реакции опоры по оси F_x в основной группе смещалась на 171% больше ($p < 0,05$), по сравнению с группой контроля, однако, по вертикальной оси F_z , напротив, смещение силы реакции опоры было меньше на 25% в основной группе, по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Таким образом, при отталкивании от опоры важную роль играют состояние мышц нижних конечностей, а именно наличие или отсутствие спастических состояний. Так как при нарушении подвижности повышен тонус мышц нижних конечностей, это приводит к увеличению усилия для выполнения прыжка, при этом, в связи со смещением ОЦТ, вызванным особенностями биомеханики (изменения углов в суставах, гипертонус мышц), будет смещение силы реакции опоры в сторону при увеличении усилия при прыжке.

Роль биоэлектрической активности мышц спины и нижних конечностей в изменении уровня двигательной адаптации у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности

Характеристики интерференционной ЭМГ тестируемых мышц у детей с ОВЗ, передвигающихся самостоятельно и с поддержкой, существенно различаются (Рисунки 8 – 9).

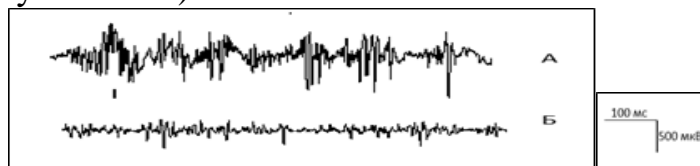


Рисунок 8 – Миограмма медиальной головки икроножной мышцы (справа) при ходьбе по беговой дорожке детей с ОВЗ, связанными с ограниченной подвижностью (А) и контрольной группы (Б)



Рисунок 9 - Миограмма латеральной широкой мышцы бедра (1) и бицепса бедра (2) справа при ходьбе у детей с ОВЗ, связанными с ограниченной подвижностью (А) и контрольной (Б) группы

У детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности и передвигающихся самостоятельно, наблюдалось снижение максимальной амплитуды сокращения икроножной мышцы слева на 250 % и справа на 96 % ($p < 0,05$) при увеличении средней амплитуды сокращения слева на 109 % и справа на 265 % по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$).

При этом, средняя частота (1/с), напротив, снижалась слева на 96 %, а справа на 348 %, по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$). У детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности, передвигающихся только с опорой, максимальная амплитуда биоэлектрической активности слева составляла 17 %, тогда как справа 45%, при сравнении с контрольной группой ($p < 0,05$), причем, средняя амплитуда биоэлектрической активности слева, напротив, снижалась на 119 %, при увеличении справа в 2 раза ($p < 0,05$). При этом, средняя частота (1/с) изменения биоэлектрической активности слева увеличивалась на 270 %, а справа на 73% ($p < 0,05$). Менее выраженные изменения регистрировались при исследовании биоэлектрической активности латеральной мышцы бедра, которая выполняет функцию разгибания ноги в коленном суставе у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности и передвигающихся с опорой. Так, было показано, что максимальная амплитуда осцилляций слева уменьшилась на 59,5 %, тогда как справа, напротив, увеличивалась на 27 %, по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). Однако, при регистрации максимальной амплитуды у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности и передвигающихся без опоры, было показано, что максимальная амплитуда осцилляций слева увеличилась на 97,8 %, а справа прирост максимальной амплитуды биоэлектрической активности был на 258 %, по сравнению с контрольной группой. Средняя

частота (1/с) у детей, передвигающихся с опорой, слева была на 77,8 % выше, чем в группе контроля, тогда как справа прирост средней частоты составлял 284 % ($p < 0,05$). У детей, передвигающихся самостоятельно, средняя частота слева, напротив, уменьшалась на 61,5 %, тогда как справа – наблюдался прирост средней частоты на 21 %, по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). У детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности и передвигающихся самостоятельно, наблюдалось снижение максимальной амплитуды сокращения двуглавой мышцы слева на 20 % и справа на 50 % ($p < 0,05$). При этом, средняя частота (1/с), напротив, снижалась слева на 43 %, а справа, напротив, увеличивалась на 441 %, по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$).

При исследовании биоэлектрической активности прямых мышц спины у детей с ОВЗ, связанными с ограничением подвижности и передвигающихся без опоры, было показано, что максимальная амплитуда осцилляций слева увеличивалась на 78 %, тогда как справа на 53 %, по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Однако, при регистрации максимальной амплитуды у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности и передвигающихся с поддержкой, было показано, что максимальная амплитуда осцилляций слева увеличилась на 153 %, а справа прирост максимальной амплитуды биоэлектрической активности был на 17 %, по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Особенно наглядными оказались результаты турно-амплитудного анализа (рис. 10). В контрольной группе точки турно-амплитудного анализа на всех группах мышц образуют «облако», занимающее положение центральное и чуть ниже (визуально) относительно биссектрисы угла нулевой отметки.

У детей с ОВЗ распределение точек турно-амплитудного анализа икроножной мышцы значительно отличалось от контроля (рис. 10). У детей, перемещающихся только с поддержкой, «облако» смещалось горизонтально вправо, а у способных к самостоятельной ходьбе – вертикально вверх.

На латеральной широкой мышце бедра «облако» размазывалось вправо, образуя ряд отдельных точек, в обеих основных группах. ЭМГ прямых мышц спины характеризовалось значительным смещением «облака» горизонтально вправо в группе детей с ОВЗ (ходьба с поддержкой). У детей, перемещающихся самостоятельно, формировалось два «облака» турнов, одно из которых смещалось вправо горизонтально, а второе – вправо и вверх.

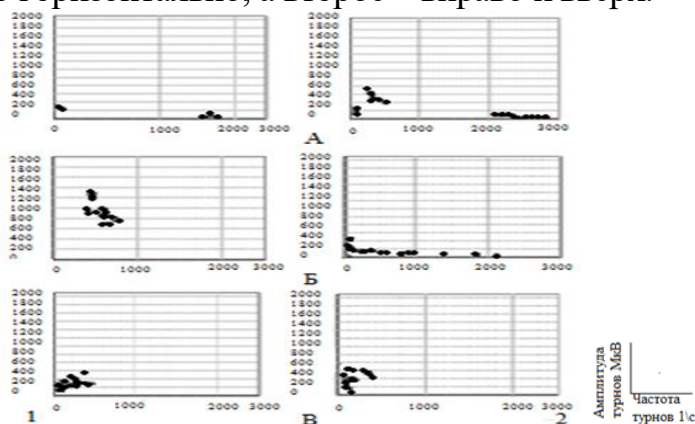


Рисунок 10 - Распределение точек турно-амплитудного анализа ЭМГ:

1 - икроножной мышцы (медиальная головка), 2 - латеральной широкой мышцы бедра.

А – основная группа, ходьба с поддержкой,

Б – основная группа, ходьба самостоятельно, В- контроль.

Роль гемодинамики нижних конечностей в двигательной адаптации детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности

На Рисунке 11 представлены результаты исследований показателей кровотока нижних конечностей у детей с ОВЗ и контрольной группы в покое и после физической нагрузки.

Пульсовое кровенаполнение до нагрузки было повышено в левом бедре в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) ($1,84 \pm 0,09$) ($p < 0,05$) и умеренно снижено в правом бедре ($0,4 \pm 0,06$) ($p < 0,05$). После локомоторной нагрузки пульсовое кровенаполнение в основной группе возрастало в правом ($1 \pm 0,02$) ($p < 0,05$) и левом бедре ($0,6 \pm 0,01$) ($p < 0,05$) сильнее, чем в контрольной группе – ($0,7 \pm 0,01$) и ($0,4 \pm 0,03$) соответственно. В контрольной группе после выполнения физической нагрузки заметно усилилось кровенаполнение в обеих голених слева ($0,7 \pm 0,02$) и справа ($1,0 \pm 0,05$), тогда как в основной группе данный показатель снижался слева ($0,4 \pm 0,02$) ($p < 0,05$) и справа ($0,6 \pm 0,1$) ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют, что у детей основной группы физическая нагрузка вызывает усиление пульсового кровенаполнения преимущественно в области бедер, тогда как в контрольной группе – в области голени.

В состоянии покоя в основной группе величина АЧП слева ($1,9 \pm 0,1$) ($p < 0,05$) в 2 раза превышала контрольные показатели, тогда как справа ($0,5 \pm 0,02$) ($p < 0,05$) была меньше контроля в 1,5 раза. В голени по данному показателю различий между группами выявлено не было. После локомоторной нагрузки в контрольной группе наблюдалось снижение АЧП в бедрах, а голених, наоборот, был прирост, тогда как, в основной группе величина АЧП в голених слева ($0,7 \pm 0,04$) ($p < 0,05$) и справа ($0,94 \pm 0,07$) ($p < 0,05$) существенно снижалась в сравнении с контрольными показателями слева ($1,0 \pm 0,07$) и справа ($2,1 \pm 0,12$) соответственно.

Индексы быстрого (V_{\max}) кровенаполнения в покое в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в левом бедре были ($1,7 \pm 0,12$ Ом/с) ($p < 0,05$) выше в 2 раза, а справа, напротив, снижены ($0,5 \pm 0,02$ Ом/с) ($p < 0,05$) в 1,5 раза в сравнении с контрольной группой слева ($0,8 \pm 0,03$ Ом/с) и справа ($0,7 \pm 0,02$ Ом/с) соответственно. В голених достоверных различий между группами выявлено не было. После нагрузки V_{\max} области бедер существенно возрастал в обеих группах (особенно справа), тогда как в голених прирост регистрировался только в контрольной группе.

Индекс медленного ($V_{\text{ср}}$) кровенаполнения в покое в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в левом бедре ($1,2 \pm 0,1$ Ом/с) ($p < 0,05$) был повышен в 3 раза, а справа ($0,2 \pm 0,01$ Ом/с) ($p < 0,05$) - снижен в 1,5 раза в сравнении с контрольной группой (слева ($0,41 \pm 0,02$ Ом/с) и справа ($0,3 \pm 0,02$ Ом/с) соответственно. В голени достоверных различий выявлено не было. После физической нагрузки индекс медленного ($V_{\text{ср}}$) кровенаполнения в голени у детей основной группы (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) увеличивался незначительно, тогда, как в контрольной группе прирост был выраженным (особенно справа).

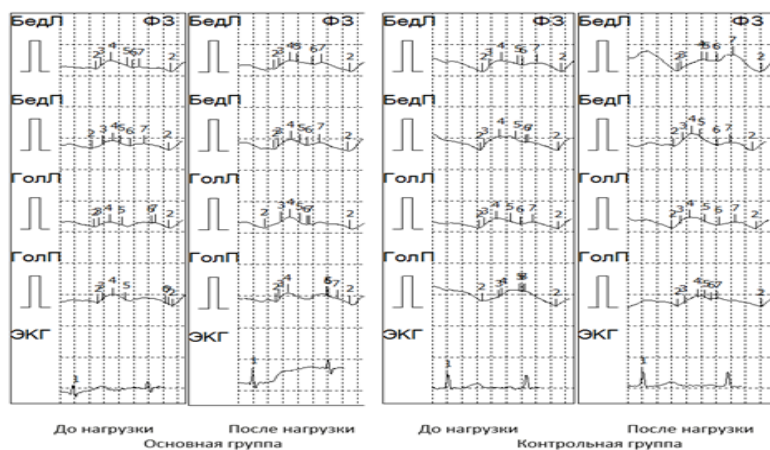


Рисунок 11 – Реовазограмма нижних конечностей у детей с нарушением подвижности нижних конечностей и контрольной группы в покое и после локомоции

Периферическое сосудистое сопротивление (оцениваемое по ДИК) в покое в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в области левого ($60,0 \pm 3,4$) ($p < 0,05$) и правого ($66,8 \pm 5,1$) ($p < 0,05$) бедра было умеренно снижено относительно контрольной группы (слева ($64,5 \pm 2,5$) и справа ($110,9 \pm 9,2$) соответственно). В области левой ($80,6 \pm 7,5$) ($p < 0,05$) и правой ($52,7 \pm 3,1$) ($p < 0,05$) голени было умеренно выше контроля слева ($31,4 \pm 3,7$) и справа ($34,3 \pm 2,8$) соответственно. После нагрузки в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) величина ДИК снижалась в области левого ($38,6 \pm 2,7$) ($p < 0,05$) и правого бедра ($62,5 \pm 6,3$) ($p < 0,05$). После нагрузки в контрольной группе величина ДИК снижалась в области правой голени ($20,9 \pm 2,2$), тогда как в основной группе отмечалось значительное возрастание данного показателя ($81,8 \pm 6,5$) ($p < 0,05$).

Диастолический индекс и показатель венозного оттока характеризуют состояние венозного отдела. В покое ДИА и ПВО значительно снижены в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) в левой ($64,9 \pm 5,3$) ($p < 0,05$) и правой ($64,9 \pm 2,1$) ($p < 0,05$) конечностях в сравнении с контрольной группой (слева ($72,4 \pm 7,2$) и справа ($72,6 \pm 6,8$) соответственно). После пробы с локомоторной нагрузкой показатели ДИА в обеих группах увеличивались в области бедер, при этом, в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) величина венозного оттока оставалась достоверно выше. В области голени затруднение венозного оттока регистрировалось после нагрузки как в контрольной группе слева ($31,8 \pm 3,1$) и справа ($15,6 \pm 1,8$), так и в основной группе слева ($7 \pm 1,2$) ($p < 0,05$) и справа ($11,2 \pm 1,5$) ($p < 0,05$).

Роль биомеханики звеньев тела в адаптации детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности

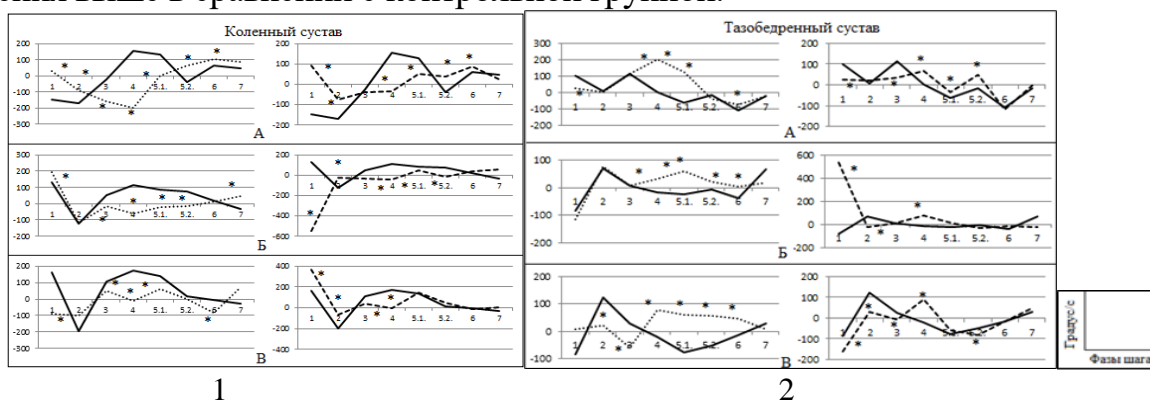
На Рисунке 12 (1) представлены угловые скорости в коленном суставе. В основной группе (ходьба с поддержкой) происходило ослабление способности центральной нервной системы координировать движение мышц-антагонистов. Сгибательно-приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла прослеживалась и в основной группе (ходьба самостоятельно), что отражалось в преимущественно согнутом положении нижней конечности.

Ограничение движений в тазобедренном суставе, наряду с увеличением раскачивания туловища, ослаблением активности в фазе переноса ноги и ее резком

усилением в четвертой фазе являются основными отличительными особенностями динамического стереотипа локомоций в основной группе (ходьба самостоятельно). Основное смещение вперед происходило в четвертой фазе шага и сопровождалось некоторым подъемом вверх (рисунок 12 (2)).

Локомоция верхних конечностей имело однотипные сдвиги фазовых характеристик нормальной и патологической ходьбы детей с ОВЗ (ходьба с поддержкой): относительное уменьшение длительности опорного периода и соответствующее увеличение продолжительности переносного периода.

Редукция амплитуды угловых ускорений во всех суставах нижних конечностей, особенно в коленном и тазобедренном суставах, в контрольной группе имело четыре экстремума. Два соответствовало начальному (3224,9 мм/с²) и конечному опорному периоду (3949,8 мм/с²), а два - перекату стопы (3859,64 мм/с²) и первой половине переносного периода (-10486,5 мм/с²). Угловые ускорения в тазобедренном суставе в основной группе (ходьба с поддержкой и ходьба самостоятельно) во всех трех положениях сохраняли значения выше в сравнении с контрольной группой.



* – достоверность различий с контрольной группой (p<0,05)

Рисунок 12 - Значения угловых скоростей в коленном суставе (1) и тазобедренном (2) при ходьбе:

- Основная группа ходьба с поддержкой;
- Основная группа ходьба самостоятельно;
- Контрольная группа

А – в подъем, Б – горизонтальная поверхность, В – спуск

Плечевой пояс двигался в противофазе в обеих основных группах относительно контрольной группы. Вся кривая практически была смещена в область отрицательных значений, что означает закрепощенность верхнего плечевого пояса.

Скорость движения голеностопного сустава в вертикальной плоскости, начиная с первой фазы движения до последнего цикла локомоции, постоянно понижалась. Однако, в вертикальной плоскости движение коленного сустава в основной группе (ходьба с поддержкой) отличалось принципиально.

У детей с ОВЗ движение колена вверх запаздывало, во второй половине шага совершалось 2–3 колебательных движения вверх и вниз.

Существенные различия между группами были выявлены при исследовании скорости движения плечевого сустава в вертикальной плоскости при локомоции на подъем и по ровной поверхности. В основной группе (ходьба

с поддержкой) при локомоции на подъем минимальное значение скорости достигалось в первой фазе (-800 мм/с) ($p < 0,05$), а максимальное – в фазе 6 (200 мм/с) ($p < 0,05$). Динамика скорости движения локтевого сустава при движении в основной группе детей (ходьба самостоятельно) имела синусоидальную форму при минимальных значениях в фазах 4 и 5.1., причем, значения скорости в течение всего цикла ходьбы в контрольной группе были достоверно выше, чем у детей основной группы (ходьба самостоятельно) (Рисунок 13).

Динамики ускорения движения в голеностопном суставе в горизонтальной плоскости при ходьбе в основной группе (ходьба с поддержкой) по ровной поверхности имело два экстремальных значения. Первое соответствовало сгибанию в суставе в начале шага ($30414,6$ мм/с²) ($p < 0,05$), а второе сгибанию во время переката стопы ($29294,4$ мм/с²) ($p < 0,05$).

Кривая динамики ускорения коленного сустава при ходьбе в контрольной группе состоит из двух волн с малой и большой амплитудой с экстремальными значениями ($-7,4$ мм/с²) и ($5237,9$ мм/с²). Вращательные движения таза являются важной составляющей частью механизма перемещения всего тела с одной ноги на другую и механизма, обеспечивающего перенос нижней конечности при ходьбе.

Значительные различия были выявлены при исследовании ускорения плечевого сустава в горизонтальной плоскости. Так, в основной группе детей (ходьба самостоятельно) при ходьбе во всех трех положениях минимальные значения ускорения регистрировались в четвертой фазе, максимальные – в фазе 5.2. Таким образом, в основных группах в начальной фазе ходьбы ускорение уменьшалось, а в заключительных фазах, напротив, возрастало.

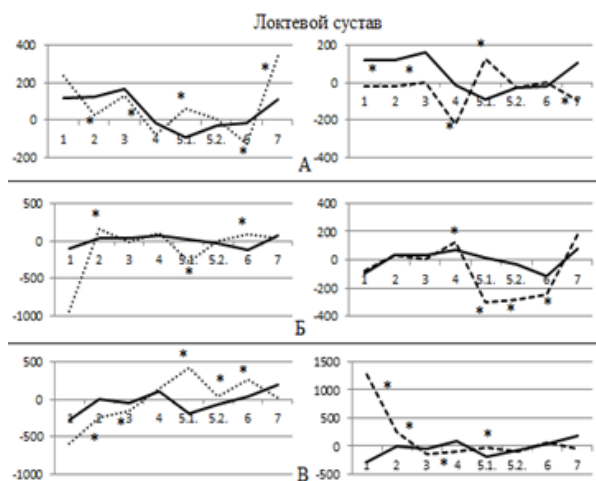


Рисунок 13 – Значения скоростей движения суставов верхних конечностей в вертикальной плоскости при ходьбе:

.....Основная группа ходьба с поддержкой;
 ----Основная группа ходьба самостоятельно
 —Контрольная группа
 А – в подъем, Б – горизонтальная поверхность, В – спуск
 * – достоверность различий с контрольной группой ($p < 0,05$)



Исследование ускорения

движений суставов в вертикальной плоскости при ходьбе показало, что у детей с ОВЗ (ходьба самостоятельно) в голеностопном суставе ускорение на всем протяжении шага находилось в области положительных значений. Преобладали высокие значения в фазу отталкивания ($27442,4$ мм/с²) ($p < 0,05$) и фазу амортизации ($56412,5$ мм/с²) ($p < 0,05$) локомоторного цикла. В основной группе (ходьба с поддержкой) преобладали низкие величины ускорения в фазе переката стопы ($-50643,4$ мм/с²) ($p < 0,05$).

У детей с ОВЗ (ходьба самостоятельно) в тазобедренном суставе в фазе переноса ноги и переката стопы величины ускорений находились в противофазе со значениями контрольной группы. Тем самым компенсируется увеличение раскачивания туловища.

На рисунке 14 представлена схема, отражающая структуру процесса двигательной адаптации детей с ОВЗ, составленную на основе теории функциональных систем. Исходным звеном обстановочной афферентации, обуславливающим потребность в адаптации, является ограничение подвижности, а основным фактором мотивации, конечной целью процесса адаптации – максимальное восстановление подвижности.

Мы выделили пять факторов ограничения подвижности у детей с ОВЗ, каждый из которых запускает один или несколько компенсаторных механизмов, на основе которых формируется новый двигательный стереотип.

Одновременно запускается комплекс процессов функциональной адаптации, которые обеспечивают возможность реализации упомянутых компенсаторных механизмов. Они связаны как с вегетативным, так и с регуляторным обеспечением новых двигательных программ.

В итоге взаимодействия трех названных групп факторов – ограничивающих, компенсаторных и функциональной адаптации – достигается полезный результат – частичная или полная двигательная адаптация.

Таким образом, выделены физиологические особенности у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности опорно-двигательного аппарата, определяющими особый двигательный стереотип:

1. Особенности динамического стереотипа ходьбы у детей основной группы являются задержка перемещения центра тяжести вперед (оно происходит во второй половину шага) и дезорганизация движений нижних конечностей (особенно колена) в вертикальной плоскости, при этом во второй половине шага совершается 2–3 колебательных движения колена вверх-вниз. Преобладающая сгибательно - приводящая позиция нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла, связанная с ограничением движений в тазобедренном суставе, компенсируется увеличением раскачиваний туловища, ослаблением подвижности в уступающей фазе и значительным усилением в преодолевающей.
2. Движения плечевого пояса и верхних конечностей при ходьбе у детей особыми возможностями здоровья, связанными с ограниченной подвижностью, являются важным адаптационным механизмом. Вертикальные перемещения плеча подстраиваются под движения ОЦТ, оставаясь в противофазе к последним. Происходит рассогласование движений локтя и запястья, они так же перемещаются в противофазе: шаг начинается с движения локтя назад, а запястья – вперед.
3. Динамический стереотип ходьбы у детей основной группы характеризуется преимущественным вовлечением в локомоции икроножных мышц и прямых мышц спины.



Рисунок 14 – Факторы, ограничивающие функциональные возможности у детей с ОВЗ

При этом важным адаптационным механизмом являются центральные факторы гиперсинхронизации активности двигательных единиц. Одновременная активность мышц-разгибателей и сгибателей выступает не как эпизодическое явление, а как основная особенность управления локомоцией.

4. При выполнении прыжков у детей основной группы происходит увеличение давления на опору в боковом направлении в фазу отталкивания, им требуется больше времени для выполнения начальной фазы прыжка, что связано с вовлечением дополнительных компенсаторных механизмов, обеспечивающих устойчивость при приземлении.
5. У детей основной группы сохранен функциональный резерв регионарного кровотока в проксимальных отделах нижних конечностей. На фоне локомоторных нагрузок наблюдается усиление пульсового кровенаполнения и увеличение скорости кровотока преимущественно в области бедер, тогда как вегетативное обеспечение дистальных отделов конечностей снижается, что сопровождается затруднением венозного оттока.

Все изложенное позволяет утверждать, что именно в рамках теории функциональных систем и на основе адаптационного подхода имеется реальная возможность обеспечения полноценной адаптации детей с ОВЗ, включения их во все сферы общественной жизни с преодолением как социальных, так и физических барьеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе, согласно теории функциональных систем П.К. Анохина, были выделены основные звенья, отражающие механизм формирования процессов адаптации у лиц с ОВЗ.

Так, у лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями со стороны сердечно-сосудистой системы, обстановочной афферентацией, которая обуславливает потребность в адаптации к обучению в вузе, является чрезмерный вегетативный дисбаланс, приводящий к напряжению центрального контура регуляции и снижению функциональных резервов, а основным фактором мотивации, конечной целью процесса адаптации – максимальное восстановление вегетативного баланса и увеличение функциональных резервов организма.

Также было отмечено, что у лиц с ОВЗ, связанным с нарушением подвижности, согласно теории функциональных систем П.К. Анохина, обстановочной афферентацией являются нарушение подвижности, а фактором мотивации, обеспечивающим конечный результат – восстановление подвижности до максимально возможного уровня.

В нашей работе были выделены общие факторы, которые ограничивают формирование адаптации у лиц с ОВЗ с нарушениями со стороны сердечно-сосудистой системы или опорно-двигательного аппарата и запускающими механизмы компенсации нарушенных функций (рис. 15). Но, преобладание влияния того или иного фактора будет зависеть от цели запуска адаптационного процесса.



Рисунок 15 – Факторы, ограничивающие функциональные возможности у лиц с ОВЗ

Необходимым и важным условием процесса адаптации является образование единой функциональной системы, состоящей из конкретных звеньев, специфичных для определенного типа движения.

На рисунке 16 представлена общая схема процесса физиологической адаптации у лиц с ограниченными возможностями здоровья. В нашем исследовании мы проанализировали пути достижения оптимального адаптационного ответа, механизмы компенсации нарушенных функций.

Таким образом, запуская процесс адаптации через организацию функциональной системы, выделив ограничительные факторы, а также механизмы компенсации нарушенных функций, важно определить механизмы функциональной адаптации при выполнении локомоций.

В итоге взаимодействия трех названных групп факторов – ограничивающих, компенсаторных и функциональной адаптации – достигается полезный результат – частичная или полная адаптация.

Все изложенное позволяет утверждать, что именно в рамках теории функциональных систем и на основе адаптационного подхода имеется реальная возможность обеспечения полноценной адаптации лиц с ОВЗ, включения их во все сферы общественной жизни с преодолением как социальных, так и физических барьеров.

ВЫВОДЫ

1. Основные факторы, ограничивающие процесс адаптации к учебной, спортивной деятельности, а также к выполнению стандартных локомоций у лиц с ОВЗ во многом схожи и в большей степени зависят от факторов, ограничивающих возможности здоровья. Так, для лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата, характерны смещение общего центра тяжести, нарушение координации и равновесия, изменение мозгового кровотока, деформация стопы, а также снижение подвижности в крупных суставах верхних и нижних конечностей. Для лиц с ОВЗ, связанными с нарушениями сердечно-сосудистой системы, характерен вегето-сосудистый дисбаланс с чрезмерным напряжением центрального контура регуляции.

2. Процесс адаптации студентов с нарушениями сердечно-сосудистой системы к условиям обучения в вузе зависит от уровня вегетативного-баланса, а также напряжения центрального контура регуляции. При этом у лиц с ОВЗ, связанными с нарушением опорно-двигательного аппарата процесс адаптации к обучению в вузе ограничивается снижением мозгового кровотока, понижением качества функции равновесия (а, значит, координации и равновесия в целом), а также чрезмерным влиянием зрительного контроля на устойчивость. Механизмы адаптации к обучению в вузе студентов с ОВЗ, связанными с нарушением со стороны сердечно-сосудистой системы, в первую очередь, связаны с восстановлением вегетативного баланса. При этом, у студентов с ОВЗ, связанными с нарушениями со стороны опорно-двигательного аппарата, механизмы адаптационного процесса связаны с увеличением параметров устойчивости при поддержании позы, а также, равновесия в целом, что проявлялось снижением амплитуды и

скорости колебаний центра давления, а также в увеличении значения показателя «качество функции равновесия».

3. Основными дезадаптирующими факторами у футболистов с ОВЗ, связанными с нарушениями опорно-двигательного аппарата, являются смещение ОЦТ, что при выполнении удара по мячу дискоординирует работу мышечной системы верхних и нижних конечностей при ударе, сниженное афферентное возбуждение при деформации стопы нарушает процесс поддержания вертикальной позы, а значит снижает координацию и равновесие. Чрезмерное влияние зрительного анализатора и нарушение кровообращения в вертебро-базиллярном бассейне существенно снижают точность удара. Компенсация двигательной дезадаптации футболистов с нарушениями опорно-двигательного аппарата характеризуется снижением скорости движений и амплитуды колебаний ОЦТ с одновременным с движением плечевого пояса, смещением головы вперед и вниз при выключении зрительного анализатора и нарушениях гемодинамики в вертебро-базиллярном бассейне, а также чрезмерная работа икроножных мышц при выполнении удара.

4. Основными факторами, препятствующими формированию адекватного адаптационного ответа у детей с ОВЗ, связанными с нарушением подвижности, являются сгибательно-приводящая позиция в тазобедренном суставе, сопровождающаяся межмышечной дискоординацией, замедленное смещение ОЦТ, нарушающее координацию и равновесие при выполнении движений. Важным механизмом двигательной адаптации в данной группе является формирование особого двигательного стереотипа, включающего преобладание сгибательно - приводящей позиции нижних конечностей на протяжении локомоторного цикла, усиленное раскачивание туловища, рассогласование движения локтя и запястья, одновременная активность мышц-сгибателей и мышц-разгибателей, затруднением венозного оттока, гиперсинхронизация двигательных единиц с вовлечением в работу мышц спины и икроножных мышц.

5. Механизм адаптации к учебной, спортивной деятельности, а также к выполнению стандартных локомоций у лиц с ОВЗ преимущественно зависят от факторов, ограничивающих формирование адаптационного процесса. В основе адаптационных перестроек лежит формирование особого двигательного стереотипа как единой функциональной системы.



СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Давлетьярова К.В., Солтанова В.Л., Капилевич Л.В., Андреев В.И. Коррекция нарушения функции равновесия у студентов посредством лечебной физической культуры // **Бюллетень Сибирской медицины**. - 2009. - № 3 -с. 23-26 (IF РИНЦ 0,203).
2. Давлетьярова К.В., Солтанова В.Л., Капилевич Л.В., Андреев В.И. Стабилографический анализ показателей равновесия студентов, занимающихся лечебной физкультурой // Материалы научной конференции с международным участием, посвященной 120-летию кафедры нормальной физиологии СибГМУ и кафедры физиологии ТГУ «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии» Томск: СибГМУ. – 2009. – С. 185-187.
3. Давлетьярова К.В., Солтанова В.Л., Баранова Е.А., Капилевич Л.В., Пашков В.К., Васильев В.Н. Лечебная физкультура как метод развития адаптационных возможностей организма студентов // **Теория и практика физической культуры**. - 2010. - № 11. - С. 53-56 (IF РИНЦ 0,271).
4. Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В., Солтанова В.Л., Андреев В.И. Лечебная физкультура как способ коррекции показателей функции равновесия у студентов // Сборник научных материалов XXI-ой Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Физическая культура, спорт и туризм в высшем профессиональном образовании», 23 апреля 2010. Азов: Азовпечать, 2010. - С. 131-135.
5. Давлетьярова К. В., Капилевич Л. В., Солтанова В. Л., Баранова Е. А., Андреев В.И. Адаптационные возможности организма студентов, занимающихся лечебной физической культурой // **Бюллетень сибирской медицины**. – 2011. - Т. 10. - №. 3. - С. 116-119 (IF РИНЦ 0,224).
6. Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В. Адаптационные возможности организма студентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата или сердечно-сосудистой системы, занимающихся лечебной физической культурой // Материалы научно-практической конференции «Стратегия формирования здорового образа жизни средствами физической культуры и массового спорта: опыт, перспективы развития». - Тюмень, 2011,- С. 148-150.
7. Солтанова В.Л., Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В. Оценка вегетативного гомеостаза у студентов, занимающихся в группе лечебной физкультуры // XXI съезд физиологического общества им. И.П. Павлова: Тезисы докладов, 19-25 сентября 2010. Калуга: ООО «БЭСТ-принт», 2010. - С. 574.
8. Солтанова В.Л., Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В., Андреев В.И. Формы повышения двигательной активности студентов с нарушениями здоровья // **Физическая культура; воспитание, образование, тренировка** – Москва. - 2011. - №5. – С. 55-58 (IF РИНЦ 0,083).
9. Ильин А.А., Марченко К.А., Капилевич Л.В., Давлетьярова К. В. Формы и способы мотивации студентов к занятиям физической культурой // **Вестник Томского государственного университета**. - 2012 - №. 360 - С. 143-147 (IF РИНЦ 0,192).
10. Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В. Физиологические основы развития координации и равновесия у студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата // **Теория и практика физической культуры**. - 2012 - №. 8 - С. 23-26. (IF РИНЦ 0,223).

11. **Давлетьярова К.В.** Функциональное состояние организма студентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы // *Нейронаука для медицины и психологии: материалы VIII Международного междисциплинарного конгресса, Судак, 2-12 Июня 2012.* - Москва: МАКС Пресс, 2012 - С. 147-148.
12. **Давлетьярова К.В.,** Нагорнов М.С., Капилевич Л.В. Особенности координации движений при выполнении ударов по мячу у футболистов с нарушениями опорно-двигательного аппарата // **Вестник Томского государственного университета**, 2013, №8(373), С.163-165 (ИФ РИНЦ 0,329).
13. **Давлетьярова К.В.,** Нагорнов М.С., Капилевич Л.В., Кошельская Е.В. Особенности биоэлектрической активности мышц нижних конечностей при выполнении удара по мячу у футболистов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата // **Вестник Томского государственного университета.** – 2014.- №3(380), С.173-175 (ИФ РИНЦ 0,425).
14. Коршунов С.Д., **Давлетьярова К.В.,** Капилевич Л.В. Биомеханические характеристики ходьбы у детей с врожденными расстройствами локомоций // **Вестник Томского государственного университета.** - 2014 - №. 387. - С. 203-207 (ИФ РИНЦ 0,425).
15. Нагорнов М.С., **Давлетьярова К.В.,** Капилевич Л.В. Биомеханические особенности локомоций при выполнении удара по мячу у футболистов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата // **Вестник Томского государственного университета.** – 2015. - №8 (397). - С. 228–232 (ИФ РИНЦ 0,414)
16. Коршунов С.Д., Капилевич Л.В., Рогов А.В., **Давлетьярова К.В.** Биомеханические характеристики ходьбы у больных с детским церебральным параличом // *Теория и практика физической культуры.* – 2015. - №7. - С.26-28 (ИФ РИНЦ 0,414).
17. Нагорнов М.С., **Давлетьярова К.В.,** Ильин А.А., Капилевич Л.В. Физиологические особенности техники удара по мячу у футболистов с нарушениями опорно-двигательного аппарата // **Теория и практика физической культуры.** 2015, №7, С.8-10 (ИФ РИНЦ 0,414).
18. **Davletyarova K.V.,** Korshunov S.D., Kapilevich L.V. Biomechanical Bases of Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy // **AIP Conference Proceedings.** - 2015 - Vol. 1688, Article number 030015. - p. 1-5
19. **Davletyarova K.V.,** Kapilevich L.V., Ovchinnikova N.A. Life Quality Increase Using Locomotion in Students with Disabilities (Article number 01024) // **SHS Web of Conferences.** - 2016 - Vol. 28. - p. 1-4.
20. Капилевич Л.В., **Давлетьярова К.В.,** Нагорнов М.С. Физиологические особенности биоэлектрической активности мышц нижних конечностей при выполнении удара по мячу у футболистов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата // *Нейронаука для медицины и психологии: материалы XI Международного междисциплинарного конгресса, Судак, 2-12 Июня 2015.* - Москва: МАКС Пресс. – 2015. - С. 145.
21. **Davletyarova K.V.,** Kapilevich, L. V.; Korshunov, S. D. Biomechanical control based locomotor functional rehabilitation technology for children with cerebral palsy // *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences (EpSBS).* 2017. Vol. 26: RRI 2016: International Conference "Responsible Research and Innovation", 07-10 November 2016, Tomsk, Russian Federation.
22. Капилевич Л. В., Нагорнов М. С., **Давлетьярова К.В.,** Ильин А. А. Физиолого-биомеханические основы физической реабилитации студентов с

заболеваниями опорно-двигательного аппарата средствами игры в футбол // **Теория и практика физической культуры**. - 2016 - №. 7. - С. 35-37 (IF РИНЦ 0,786).

23. Коршунов С. Д., Давлетьярова К. В., Капилевич Л. В. Биомеханические принципы физической реабилитации детей с детским церебральным параличом // Бюллетень сибирской медицины. – 2016. – Т. 15, № 3. – С. 55–62 (IF РИНЦ 0,323).

24. Kapilevich, L. V., **Davletyarova K.V.** The rehabilitation of children with disabilities based on biomechanical regularities // 3rd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts, SGEM 2016 Местоположение: Albena, BULGARIA публ.: AUG 24-30, 2016. – P. 1091-1095.

25. Нагорнов М.С., Давлетьярова К.В., Капилевич Л.В. Особенности координации движений при выполнении удара по мячу у футболистов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата // **Вестник Новосибирского государственного педагогического университета**. – 2016. - №.1 - С.121-130 (IF РИНЦ 0,403).

26. Капилевич Л.В., Давлетьярова К.В., Коршунов С.Д., Овчинникова Н.А. Показатели гемодинамики нижних конечностей при локомоторных нагрузках у детей с особыми потребностями // **Теория и практика физической культуры**. - 2016 - №. 6. - С. 86-88 (IF РИНЦ 0,786).

27. Капилевич Л. В., Ильин А. А., Медведева Е.В., Давлетьярова К.В. Адаптация студентов с ограниченными возможностями здоровья к условиям инклюзивного образования // **Теория и практика физической культуры**. - 2017 - №. 7. - С. 86-88 (IF РИНЦ 0,911).

28. Капилевич Л.В., Коршунов С.Д., Давлетьярова К.В. Физиологические особенности двигательной адаптации у детей с особыми возможностями здоровья // Нейронаука для медицины и психологии. Крым, Судак, 2017 г., с. 155.

29. Капилевич Л.В., Давлетьярова К.В., Овчинникова Н.А. Совершенствование навыков координации и равновесия у студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата за счет включения элементов лечебной физической культуры в структуру академических занятий по физическому воспитанию // **Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры**. - 2017 - Т. 94 - №. 1. - С. 36-40 (IF РИНЦ 0,722).

30. **Davletjyarova K. V.**, Kapilevich L. V. Improving the motor adaptation of students with special needs to the conditions of inclusive education. // 4rd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts (SGEM 2017): Conference Proceedings, Albena, 21 August-3 September 2017. - Sofia: STEF92 Technology Ltd, 2017 - Vol. 3 - p. 331-336.

31. Капилевич Л.В., Давлетьярова К.В., Овчинникова Н.А., Медведева Е.В., Ежова Г.С. Характеристики биоэлектрической активности головного мозга у студентов с ограниченными возможностями здоровья на фоне сочетания когнитивных и физических нагрузок // **Вестник Новосибирского государственного педагогического университета**. - 2018. №.5, С.245-265 (IF РИНЦ 1,222).

32. Карвунис Ю.А., Медведева Е.В., Капилевич, К.В. Давлетьярова. Роль физической активности в адаптации студентов к условиям инклюзивного обучения // Нейронаука для медицины и психологии. Крым, Судак, 2018г. Москва: МАКС Пресс, 2018 - С. 188-189.

33. Медведева Е.В., Баранова Е.А., Бредихина Ю.П., Капилевич Л.В. Давлетьярова К.В. Влияния тренировок с биологической обратной связью на

статодинамические характеристики равновесия и устойчивости студентов с ограниченными возможностями здоровья // **Человек. Спорт. Медицина: ЮУрГУ, Челябинск**, 2019 - № 2 - Т. 19 - С. 125-132 (ИФ РИНЦ 1,189).

34. **Давлетьярова К.В.**, Коршунов С.Д., Кривошеков С.Г., Капилевич Л.В. Физиологические особенности двигательной адаптации у детей с ограниченными возможностями здоровья // **Физиология человека**. 2020. - Т.46. - №5. – С. 46-59 (ИФ РИНЦ 0,722).

35. Капилевич Л.В., **Давлетьярова К.В.**, Кошельская Е.В., Бредихина Ю.П., Андреев В.И. Физиологические методы контроля в спорте // Учебное пособие. Издательство Томского политехнического университета – 2009. - 172 с. (гриф УМО).

36. Капилевич Л.В., **Давлетьярова К.В.**, Солтанова В.Л., Андреев В.И. Лечебная физическая культура для студентов с ослабленным здоровьем // Учебное пособие. Издательство Томского политехнического университета – 2011. - 115 с. (гриф УМО).

37. **Давлетьярова К.В.**, Капилевич Л.В. Физиологические основы формирования двигательных навыков у студентов с нарушениями здоровья // Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. – 2013. - 172 с. (**монография**).

38. Л.В. Капилевич, Н.А. Лукьянова, Е.Н. Роготнева, Е.В. Фелл, Н.Н. Мещерякова, Е.В., **Давлетьярова К.В.** Инклюзивное профессиональное образование в России: социальные и физиологические барьеры Инклюзивное профессиональное образование в России: социальные и физиологические барьеры // Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2018. – 248 с (**монография**).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АЧП – амплитудно-частотный показатель;
- ВОД – вегетативное обеспечение деятельности;
- ВОЗ – всемирная организация здравоохранения
- ДИА – диастолический индекс;
- ДИК – дикротический индекс;
- ДЦП – детский церебральный паралич
- ОВЗ – ограниченные возможности здоровья;
- ОЦМ - общий центр масс
- ОЦТ – общий центр тяжести
- ПВО – показатель венозного оттока;
- РВГ – реовазография;
- РИ – реографический индекс;
- ЧСС – частота сердечных сокращений;
- ЭКГ – электрокардиограмма;
- ЭМГ – электромиография;
- Умакс – максимальная скорость быстрого наполнения;

