

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

**РАЗРАБОТКА МАКЕТА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-
ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО
ХАРАКТЕРИСТИК**

Выпускная квалификационная работа

студентки очной формы обучения
направления подготовки 03.04.02 Физика магистерская программа
Медицинская физика

группы 07001638
Калашниковой Алины Владимировны

Научный руководитель
профессор, д.ф-м.н., Внуков И. Е.

Консультант
профессор, д.т.н., Афонин А. Н.

Рецензенты
доцент, к. ф.-м. н. Кучеев С. И.,

заместитель генерального
директора по качеству и
сервису АО «Медтехника»
г. Белгород Павленко А. И.

БЕЛГОРОД 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ЗАБОЛЕВАНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА У ДЕТЕЙ И ИХ ЛЕЧЕНИЕ.....	5
1.1 Особенности опорно-двигательного аппарата детей.....	5
1.2 Нарушения работы опорно-двигательного аппарата у детей.....	7
1.3 Анализ структуры патологии опорно-двигательного аппарата у детей и подростков.....	22
ГЛАВА 2 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ МАКЕТА.....	29
2.1 Обзор аналогичных конструкций.....	29
2.2 Формирование функциональных требований к разрабатываемой конструкции.....	40
2.3 Разработка структурной схемы и подбор элементов, материалов.....	40
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАКЕТА КОНСТРУКЦИИ.....	45
3.1 Проектирование схемы электрической принципиальной.....	45
3.2 Разработка и изготовление механических компонентов.....	46
3.3 Разработка тестовой управляющей программы для микроконтроллера...	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	53

ВВЕДЕНИЕ

Состояние здоровья детского и подросткового населения России за последние годы приобрело очень негативные тенденции [1]. Болезни костно-мышечной системы занимают особое место в детской патологии, влияя на характер подростковой и детской инвалидности. Нарушения функций осанки и стопы - сложнейшая социальная и медицинская проблема. Внимание к ней не ослабевает на протяжении многих лет. С каждым годом растет число детей, больных ортопедическими заболеваниями. В настоящее время, по официальным данным, среди детей в возрасте до 18 лет они составляют 2,6 млн. человек, при этом более 25 тыс. из них признаны инвалидами. Показатель заболеваемости на 100 000 детского населения превышает 8 000 , у подростков 14 000.

Проблема детской ортопедической заболеваемости и травматизма актуальна не только в нашей стране, но и во всем мире [2]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила первое десятилетие 21 века периодом улучшения качества диагностики и лечения болезней костно-мышечной системы [3].

Стопа, как ведущий компонент рессорной системы организма при ее патологическом формировании и в сочетании с другими вредными факторами, отрицательно влияет на позвоночник, приводит к сколиозу, нарушениям осанки, утомляемости и болям в ногах, развитию соматической патологии, снижению физической и умственной работоспособности, ухудшению течения сопутствующих ортопедических заболеваний.

Изучение влияния разных факторов на состояние опорно-двигательного аппарата ребёнка является актуальным направлением отечественной и зарубежной медицины [4], что определяется не только масштабами ортопедической заболеваемости, но социально-экономическими потерями - снижением трудового и мобилизационного потенциала страны. Так, в структуре негодности при призыве в Армию болезни опорно-

двигательного аппарата составляют около 19%, а в структуре возврата в первые 3 месяца — более 21% [5].

Начало формирования большинства хронических заболеваний у детей приходится в основном на дошкольный возраст. Правильно организованная работа по оздоровлению детей раннего возраста из групп риска способствует профилактике хронической патологии, снижению заболеваемости и инвалидизации детей.

Диспансерное наблюдение, коррекционное лечение, создание ортопедического режима должно быть неотъемлемой частью жизни ребенка с нарушением опорно-двигательного аппарата в течение многих месяцев, а порой, и лет.

Формирование ортопедических групп в дошкольных образовательных учреждениях является важным этапом специализированной помощи детям с нарушениями функций ОДА. Стоит заметить, что эффективность пребывания детей в данных группах не изучена.

Цель исследования:

Разработка макета аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата и исследование его характеристик.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены основные задачи:

- подробный обзор аналогичных конструкций, применяемых для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата;
- анализ существующих нарушений опорно-двигательного аппарата у детей;
- разработка структуры комплекса;
- подбор элементной базы;
- разработка и изготовление механических элементов конструкции с использованием аддитивных технологий;
- разработка тестового программного обеспечения для персонального компьютера.

ГЛАВА 1 ЗАБОЛЕВАНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА У ДЕТЕЙ И ИХ ЛЕЧЕНИЕ

1.1 Особенности опорно-двигательного аппарата детей

В развитии ребенка большее значение имеет состояние опорно-двигательного аппарата - костного скелета, суставов, связок и мышц.

Опорно-двигательный аппарат – сложный комплекс взаимодействующих между собой структур и тканей, в который входят: кости, связки, мышцы, нервные окончания. Любые, даже незначительные патологии в процессе формирования опорно-двигательного аппарата детей, могут привести к необратимым последствиям. Особенности опорно-двигательного аппарата детей в том, что он формируется постепенно, по мере взросления ребенка.

Костный скелет наряду с выполнением опорной функции осуществляет функцию защиты внутренних органов от неблагоприятных воздействий — различных травм. Костная ткань у детей содержит мало солей, она эластичная и мягкая. Процесс окостенения костей происходит не в один и тот же период развития ребенка. Особенно бурная перестройка костной ткани, изменения в скелете наблюдаются у детей, когда они начинают ходить.

Позвоночник маленького ребенка почти целиком состоит из хряща и не имеет изгибов. Когда ребенок начинает держать голову, у него появляется шейный изгиб, обращенный выпуклостью вперед. К 6-7 месяцам ребенок начинает сидеть, у него появляется изгиб в грудной части позвоночника выпуклостью назад. При ходьбе образуется поясничная кривизна выпуклостью вперед. В 3—4 года позвоночник ребенка обладает всеми характерными для взрослого изгибами, но связки и кости еще эластичны и изгибы позвоночника выравниваются только в лежачем положении. Постоянство шейной и грудной кривизны позвоночника устанавливается к 7

годам, а поясничной — к 12 годам. Окостенение позвоночника происходит постепенно и завершается полностью только после 20 лет [6].

Грудная клетка новорожденного имеет округло-цилиндрическую форму, передне-задний и поперечный диаметры ее почти одинаковы. Когда ребенок начинает ходить, форма грудной клетки приближается к норме взрослого. Ребра у детей раннего возраста имеют горизонтальное направление, что ограничивает экскурсию (движение) грудной клетки. К 6-7 годам эти особенности не проявляются.

Кости ног и рук в процессе роста ребенка претерпевают изменения. До 7 лет происходит бурное их окостенение. Так, например, ядра окостенения в бедренной кости ребенка появляются в различных участках в разные сроки: в эпифизах — еще во внутриутробном периоде, в эпифизах голени — на 3-6м годах, а в фалангах стопы — на 3-м году жизни, в надмыщелках — на 3—8-м году жизни.

Кости таза у новорожденного ребенка состоят из отдельных частей — подвздошной, седалищной, лобковой, сращивание которых начинается с 5-6 лет. Таким образом, костная система детей до 7 лет характеризуется незавершенностью костеобразовательного процесса, что вызывает необходимость тщательно оберегать ее.

Мышечная ткань в раннем и дошкольном возрасте претерпевает морфологический рост, функциональное совершенствование и дифференцировку. Когда начинается прямохождение и ходьба, усиленно развиваются мышцы таза и нижних конечностей. Мускулатура рук начинает быстро развиваться в 6—7 лет после структурного оформления костной основы и под влиянием упражнения мышц кисти в результате деятельности ребенка.

Своевременному развитию опорно-двигательной системы и двигательных функций у детей раннего и дошкольного возраста во многом способствует правильная организация гигиенических условий, среды, питания и физического воспитания [7].

1.2 Нарушения работы опорно-двигательного аппарата у детей

Заболевания опорно-двигательного аппарата у детей могут быть врождёнными и приобретёнными. Их довольно много. Самые распространённые проблемы: дисплазия суставов, сколиоз, плоскостопие, кривошея, дцп.

Дисплазия суставов

В числе наиболее распространённых проблем со здоровьем у новорождённых – дисплазия суставов. Этим термином обозначают врождённую недоразвитость суставов. Такое отклонение диагностируют, когда кости младенца развиваются очень медленно, с отставанием от норм [8].

Вызывает дисплазию суставов неправильное формирование тканей ещё во внутриутробном состоянии. При дисплазии может недоразвиться сам сустав полностью или его отдельные структуры. Без заботливого родительского ухода и должного лечения дисплазия может привести к серьёзным последствиям и заболеваниям опорно-двигательного аппарата (хромота, сколиоз, кифоз, артроз и т.д.).

Чаще всего диагностируют у детей дисплазию сустава тазобедренного (рис. 1.1). По статистике, заболевание выявляют у 20% новорождённых. Причём, преимущественно у девочек.

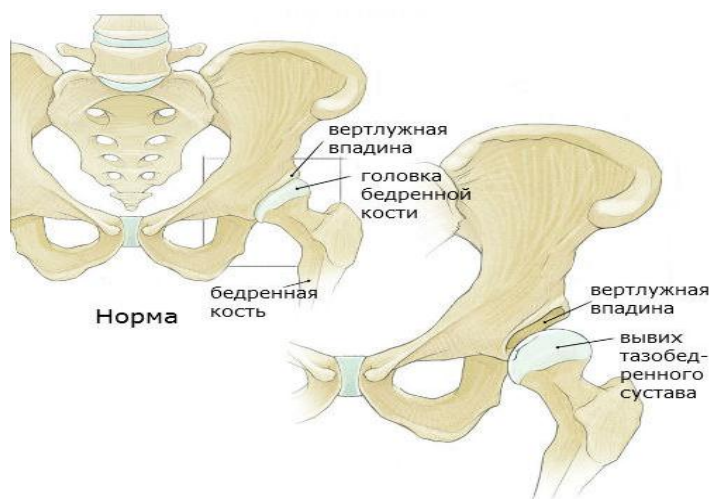


Рис. 1.1 Дисплазия у новорожденных

Симптомы дисплазии у новорожденных. Выявляют дисплазию у новорождённых ещё в роддоме или на первичной комиссии, когда малышу исполняется 1 месяц. Для этого в обязательном порядке каждому новорождённому в России проводят УЗИ-диагностику тазобедренных суставов.

Заметить патологию внимательные родители могут и самостоятельно. При дисплазии суставов у детей, как правило, появляются следующие симптомы:

- отчётливо слышен треск во время активного сучения ножками;
- ножки малыша невозможно полностью развести в стороны (поза лягушки);
- одна нога у ребёнка заметно короче другой;
- ассиметричное расположение складок на задней поверхности ножек малыша.

При таких признаках можно не дожидаться обследования в общем порядке и обратиться за срочной консультацией к ортопеду в многопрофильный медицинский центр.

Классификация дисплазии суставов. Основная классификация делит дисплазию суставов у детей на предвывих, подвывих и вывих сустава. При наиболее лёгкой 1 степени отмечается незрелость сустава без смещения костей. 2 степень - подвывих сустава - характеризуется частичным смещением головки бедренной кости. Вывих или 3-ью степень дисплазии сустава диагностируют, если в незрелом суставе произошло полное выпадение головки кости из суставной впадины [9].

Причины дисплазии суставов. В организме женщины во время беременности выделяется гормон релаксин. Он размягчает кости, в частности, кости таза и способствует более безопасным родам. Однако, этот гормон влияет и на формирование костной системы ребёнка в утробе. Вот почему дисплазия суставов чаще бывает у малышек, рождённых у матери

первыми. Во время первой беременности релаксин выделяется в очень большом количестве.

Также к причинам, провоцирующим возникновение дисплазии суставов, относят: крупный вес новорождённого, многоводие при беременности, тазовое предлежание плода, гормональные сбои у будущей матери, нарушение кровоснабжения у малыша, незрелость основных систем ребёнка, недоношенность и малый вес, различные гинекологические патологии у матери (гематома матки, миома, спайки и т.д.).

Лечение дисплазии суставов у детей. Дисплазия в лёгкой степени может со временем пройти сама. Малыш начнёт энергично двигаться, все жизненно важные системы будут развиваться. Но это не означает, что родители должны сложить руки и спокойно ждать. Малышу необходима ежедневная гимнастика, также рекомендуется не перетягивать ручки и ножки ребёнка. Свободное пеленание даёт возможность для активных движений.

В запущенных и тяжёлых случаях дисплазии для лечения применяют ортопедические приспособления: различные шины, распорки, стремена.

Основной упор при лечении дисплазии суставов у детей делают на мануальной и физиотерапии. Эти направления безопасны и безболезненны для малыша, практически не имеют противопоказаний.

Значительный эффект при лечении дисплазии имеет специализированный массаж. Необходимо сделать несколько курсов с небольшими перерывами.

Сколиоз

Искривление позвоночника в боковой плоскости называют сколиозом. Это функциональное нарушение. Позвоночник начинает искривляться, как правило, в школьное время, когда ребёнку приходится много сидеть. Школьник мало двигается, не выполняет упражнения при сколиозе, а за столом, у компьютера сидит неправильно. Опорно-двигательный аппарат

сформирован ещё не до конца, мышцы не успели окрепнуть должным образом, а увеличенные нагрузки, когда сидеть в статичной позе приходится по несколько часов, могут серьезно навредить (рис. 1.2).



Рис. 1.2 Искривление позвоночника - сколиоз

Нарушение осанки у детей изменяет и внутренние органы. Может изменяться походка, в целом искривляется фигура в пространстве, что доставляет ребенку дополнительные проблемы.

В чем отличие сколиоза позвоночника и сколиотической осанки, которую некоторые специалисты выделяют отдельно? При сколиозе остается стойкая деформация даже при смене положения тела.

Сколиоз у детей и его виды. Врачи выделяют три вида сколиоза у детей. В виде буквы С – позвоночник искривился в одну сторону. В виде буквы S – искривления в двух отделах, в одном вправо, в другом влево. В виде буквы Z - в позвоночнике образуются три дуги. Этот вид бывает довольно редко [10].

Сколиоз и его степени. Выделяют четыре степени сколиоза. Сколиоз 1 степени иногда рассматривают как вариант нормы.

Сколиоз 1 степени - это небольшие изменения, когда отклонение позвоночника по оси не превышает десяти градусов.

Сколиоз 2 степени: искривление в ту или иную сторону уже достигает 11-25 градусов. На этой стадии сколиоз 2 степени быстро прогрессирует и требует обязательной коррекции.

Сколиоз 3 степени - искривление достигает 26-50 градусов.

При сколиозе 4 степени позвоночник отклоняется от оси на более чем 50 градусов. Сколиоз 3 и 4 степени у ребёнка лечить сложнее.

На рисунке 1.3 представлены существующие степени сколиоза.

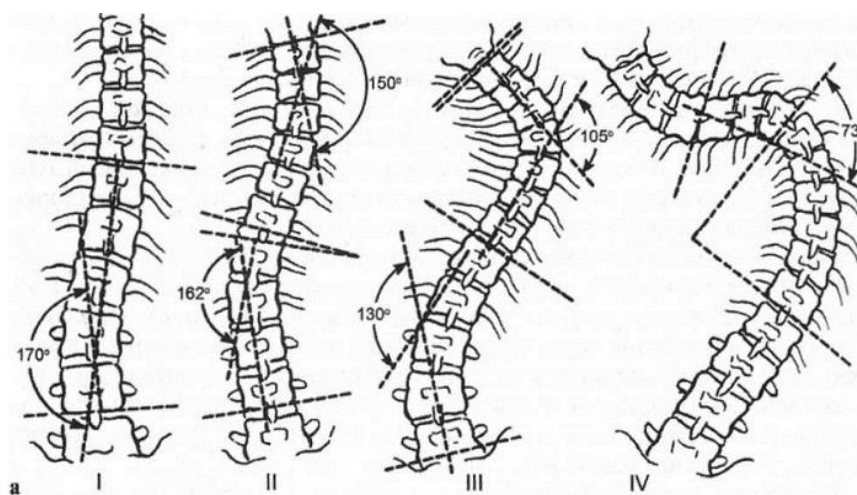


Рис. 1.3 Различные степени сколиоза

Где бывает сколиоз позвоночника. Сколиоз позвоночника может появляться в шейном отделе позвоночника, шейно-грудном, а также в грудопоясничном или поясничном. У детей чаще встречается сколиоз 1 и 2 степени. Нельзя откладывать лечение сколиоза 2 и 1 степени.

Что вызывает сколиоз у детей? Для хорошего самочувствия дети должны много двигаться. Малоактивный образ жизни способствует появлению сколиоза позвоночника. Кроме того, способствуют развитию сколиоза 1 и 2 степени недоразвитие связок и мышц, рахит, врожденные нарушения позвоночника, травмы, плоскостопие. Также виной тому могут быть разная длина ног. Распространенная причина – ребенок неправильно сидит при работе за столом.

Симптомы сколиоза у детей. При сколиозе у ребенка из-за искривления коленных суставов может возникать асимметрия туловища и укорачиваться

конечности. Бывает, что с искривленной стороны кости таза приподнимаются, изменяется угол его наклона. Выраженное искривление вызывает смещение позвонков в грудном отделе, поворот позвонков, противоположное смещение. При сколиозе изменяется положение головы, смещается плечевой пояс. На стороне искривления увеличивается тонус мышц, тогда они защемляют нервы. Симптомы сколиоза у детей включают в себя нарушение осанки и плоскостопие.

Нарушения осанки у детей вызывают проблемы в деятельности внутренних органов, в том числе, - пищеварения. Сколиоз проявляется в хромоте, других видах нарушения походки, вызывает боли в спине.

Как лечить сколиоз. Лечение сколиоза очень важно. Комплексный подход в лечении сколиоза способствует правильному формированию позвоночника, отсутствию боли у ребенка при двигательной активности. Начинать лечение сколиоза в 1 очередь логично с исправления имеющегося состояния. При этом эффективны массаж, лечебная физкультура, физиотерапия [11].

Степень сколиоза 3-4 требует немедленного лечения. Изменения в фигуре ребенка, прихрамывание, смещение линии таза и плеч, укорочение ноги требуют обязательного направления к ортопеду. Профилактика включает в себя упражнения при сколиозе, гимнастику. Также нужно следить, чтобы школьник правильно сидел за столом. Мебель должна быть удобной, в соответствии с ростом ученика.

Плоскостопие

Что называют плоскостопием? Уплотнение свода стопы называют плоскостопием. Стопа у ребёнка деформируется, её свод опускается. В результате стопа всей площадью соприкасается с полом. У малышей в возрасте до года развитию плоской стопы зачастую способствует излишняя жировая ткань в области свода. Плоскостопие у детей постарше, в 5-7 лет, развивается с возрастанием нагрузки на ноги, когда свод стоп ещё не сформирован окончательно [12].

Плоскостопие и его виды. Плоскостопие подразделяют на продольное и поперечное. В первом случае становится плоским продольный свод стопы. Между подошвой и полом нет пустого пространства. Во втором случае опускается поперечный свод. При этом кости плюсны раздвигаются подобно вееру, нога опирается на их головки (рис. 1.4).



Рис. 1.4 Виды плоскостопия

Почему возникает плоскостопие? В 5-7 лет у детей обычно возрастает нагрузка на не до конца сформированный свод стопы, поскольку в это время дети начинают ходить в кружки и секции, в школу. Поперечное плоскостопие у детей наблюдается реже. Оно появляется, когда ребенок носит плохо подобранную, узкую обувь. Чаще можно встретить у детей плоскостопие продольное.

Главная причина возникновения плоскостопия у детей - это статическая нагрузка. Кроме того, понижению свода стопы могут способствовать:

- травмы;
- врождённые травмы;
- перенесенный рахит;
- паралич мышц ног.

Избыточный вес, долгое стояние на ногах, атрофия мышц ног - основные из причин возникновения плоскостопия у детей. Всё это негативно влияет на еще не сформировавшиеся, слабые мышцы и связки стопы, и те не удерживают кости стопы в правильном положении.

Девочкам не следует рано начинать носить обувь на высоких каблуках, поскольку это способствует уплощению стопы. Каблук не должен быть больше или меньше 4 сантиметров, колодка обуви должна быть тщательно подобрана по размеру и полноте.

Плоскостопие и его степени. Первая степень плоскостопия - кости стопы не деформированы. Первая степень не вызывает особого беспокойства у ребенка, однако проявляется слабостью в ногах, если ребенок долго ходил.

Вторая степень: боли в ногах усиливаются, может измениться таранно – ладьевидный сустав. Больному нелегко подобрать обувь.

Третья степень - суставы стопы деформированы. Это вызывает длительные боли. Болят не только стопы, но и голени, а также поясница. Подбор удобной обуви вызывает большие трудности. Так же степени плоскостопия разделяют по углам отклонения свода.

Последствия плоскостопия. Плоскостопие у детей в зависимости от степени вызывает мучительные боли. Они мешают занятиям спортом. Уплощение стопы грозит артрозом, вызывает косолапость. При плоскостопии у ребенка портится походка, осанка. Может вырасти косточка на ноге в области большого пальца, что в дальнейшем затрудняет выбор удобной обуви.

Как избежать плоскостопия. Профилактику нужно начинать с самого раннего возраста, с детского сада. Нужно правильно подбирать обувь для ребенка - по полноте, размеру и удобству. Полезны занятия с ортопедом-травматологом, лечебная гимнастика для ног, массаж, физиотерапия, занятия спортом [13].

Как лечить плоскостопие у ребенка. Как правило диагноз "плоскостопие" ставят в тех случаях, когда профилактику не проводили или провели некачественно. При плоскостопии у детей лечение предлагают сделать выбор в пользу ортопедической обуви. Однако ношение специальной обуви - это далеко не всё в решении вопроса, как лечить плоскостопие у ребенка. При плоскостопии у детей лечение предусматривает: массаж, лечебную гимнастику, физиотерапию. Первым делом нужно восстановить работу связочного аппарата стопы.

Кривошея

Кривошея – заболевание, при котором в силу разных причин происходит вынужденный, неправильный наклон головы с разворотом подбородка в противоположную сторону. У этого заболевания много классификаций, чаще всего делят на врождённую и приобретённую, правостороннюю и левостороннюю кривошею. Не трудно догадаться, что при левосторонней кривошее происходит фиксированный наклон головы к правому плечу, при правосторонней – наоборот.

У грудничков кривошею в большинстве случаев диагностируют врождённую. Она может возникнуть из-за неправильного положения плода ещё в утробе. Как правило, проявляться кривошея у грудничков начинает в первые же дни после рождения. И своевременно начатое лечение кривошеи позволяет устранить патологию [14].

Бывает ложная кривошея у новорожденных. Её провоцируют спазмы шейных мышц при общем гипертонусе. Часто родители легкомысленно относятся к проблеме, считая, что со временем всё само собой пройдёт. Однако, несоблюдение предписаний невролога, отсутствие квалифицированной помощи массажиста приведёт к тому, что ложная кривошея у новорождённого может стать истинной и перейдет с ребёнком во взрослую жизнь.

Кривошея у детей считается одним из самых распространённых врождённых пороков, наряду с косолапостью, дисплазией и вывихом бедра (рис. 1.5). Чаще заболевание выявляют у девочек.

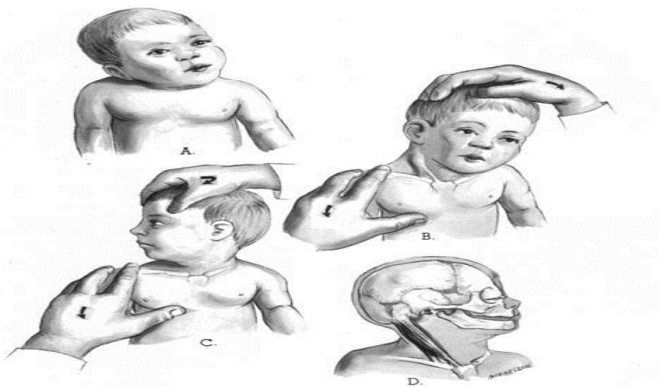


Рис. 1.5 Кривошея у детей

Причины врождённой кривошеи у детей. У кривошеи много видов, каждый из них формирует своя причина. Так, например, рефлекторная кривошея может развиваться при отите, воспалительных поражениях кожи шеи, когда пациент наклоняет голову, чтобы снизить болезненные ощущения.

Кривошея у детей чаще встречается мышечная, при которой поражаются, так называемые, кивательные или другие мышцы плечевого пояса. Повреждение мышечных волокон может произойти по следующим причинам:

- тяжёлые, длительные роды;
- перенесённое инфекционное заболевание в утробе (в частности, полиомиелит);
- врождённый порок развития мышц, а также шейного отдела позвоночника;
- нарушение кровоснабжения и др.

Человеческий организм – очень умный механизм. В том месте, где есть недостаток волокон или поражение, он начинает активно продуцировать соединительную ткань. Такое замещение при кривошее играет плохую роль. Соединительная ткань нарушает структуру мышц и их функциональность.

Запоздалая реабилитация при такой кривошее у ребёнка может занять много времени.

Как проявляется кривошея у ребёнка? Утолщение мышц при кривошее внешне может проявляться припухлостью с повреждённой стороны. Голова ребёнка будет часто склоняться в одну сторону, а подбородок при этом развёрнут в другую.

Здоровые дети в первый месяц жизни начинают активно крутить головой из стороны в сторону. У ребёнка с кривошеей наблюдается ограничение подвижности, со временем может появиться асимметрия головы.

Последствия кривошеи у детей. Известны случаи, когда повреждённые мышцы могут самостоятельно восстановиться. Обычно это происходит при лёгком поражении или ложной кривошее у ребёнка. В остальных случаях отсутствие лечения кривошеи приводит к серьёзным последствиям.

Во-первых, плечевой пояс будет развиваться по компенсаторному принципу. Это спровоцирует патологические процессы в позвоночнике. В этом случае, как минимум, разовьётся сколиоз, а также асимметрия лица.

Во-вторых, поражение мышц скажется на общем самочувствии ребёнка: периодически будут возникать неприятные, болезненные ощущения.

В-третьих, кривошея со временем может вызвать нарушение кровоснабжения, обменных процессов и спровоцировать тяжёлые заболевания.

К тому же, ребёнок с кривошеей обречен на пристальные взгляды со стороны окружающих, в итоге может развиваться комплекс неполноценности.

Лечение кривошеи. Кривошея у новорождённых вызывает определённые трудности при диагностике, поскольку у маленьких детей часто бывает небольшой мышечный тонус. В любом случае, даже опытные родители не могут самостоятельно поставить диагноз. И если есть хоть какие-то сомнения, лучше вовремя обратиться за помощью к специалистам.

Главная задача при лечении кривошеи: остановить патологический процесс и реабилитировать уже возникшие нарушения.

Первые помощники при лечении кривошеи массаж и физиотерапия (УВЧ, парафиновые ванны и др.). Даже для здоровых младенцев массаж – отличный способ укрепить здоровье малыша, стимулировать физическое развитие. Профессиональный массаж при кривошее позволяет восстановить и улучшить кровоснабжение в поражённой области, укрепить мышцы, стимулировать их восстановление [15].

Физиотерапевтические процедуры и массаж при кривошее назначают длительными курсами с небольшими перерывами. Только своевременная диагностика и упорное лечение позволят избавить ребёнка от порока и вернуть ему здоровье.

Детский церебральный паралич

ДЦП – нарушение моторного развития ребенка вследствие повреждений или аномалий развития головного мозга в перинатальном, родовом и послеродовом периоде. Нарушения проявляются в аномальном распределении мышечного тонуса, нарушении координации движений. Детский церебральный паралич часто сочетается с нарушением психо-речевого развития, судорогами, эпилепсией [16].

По статистике ДЦП встречается от 2,5 до 5,9 детей на 1000 новорожденных. Однако угроза возникновения данного заболевания наблюдается у значительно большего числа малышей. Чтобы исключить постановку диагноза церебральный паралич важно своевременно провести комплексное лечение ребенка и предпринять профилактические меры в при наличии родовых травм и при обнаружении отклонений психо-моторного развития.

В первый год жизни ребенка очень важно регулярное посещение детских профильных специалистов: неонатолога, педиатра, невролога. Своевременно обнаруженные отклонения в развитии позволят начать лечение и скорректировать проблему.

Детский церебральный паралич причины возникновения. К повреждающим факторам, способствующим развитию ДЦП, относят:

- родовые травмы (преждевременные, стремительные, затянувшиеся роды, тугое обвитие пуповиной, асфиксия в родах, повреждение шейного отдела позвоночника в родах, наложение акушерских щипцов и т.д.);
- глубокая недоношенность и гидроцефалия;
- хроническая внутриутробная гипоксия (нехватка кислорода);
- внутриутробное инфицирование плода (токсоплазмоз, хламидиоз, уреаплазмоз, вирус герпеса, краснухи и т.д.);
- несовместимость резус фактора матери и плода с развитием «резус-конфликта»;
- взаимодействие с токсическими агентами во время беременности (лакокрасочное производство, хлорсодержащие вещества и т.д.);
- токсикозы беременности, инфекционные, эндокринные, хронические соматические заболевания (внутренних органов) матери.

Детский церебральный паралич формы. Как отмечалось выше, ДЦП обусловлено органическими повреждениями коры головного мозга. Признаки детского церебрального паралича указывают на повреждение конкретной зоны головного мозга. По типу неврологических проблем и участков повреждения центральной нервной системы определяют формы детского церебрального паралича:

- Спастическая диплегия (di-два, plesso—поражаю) - обширное поражение клеток мозга, контролирующих движения конечностей, в обоих полушариях большого мозга. Дети с этим диагнозом начинают сидеть и ходить в более позднем возрасте, у них наблюдается повышение мышечного тонуса конечностей, чаще ног. Возможно протекание болезни на фоне задержки психического развития. Судороги наблюдаются реже, чем при других формах детского церебрального паралича.

Зона повреждения: пирамидный путь (отростки двигательных клеток коры головного мозга на уровне спинного мозга либо подкорковых и стволовых структур).

– Спастическая гемиплегия (от греч. *hemi*—полу-, половина и *plessos*—поражаю), буквально: односторонний паралич мышц. У ребенка наблюдается повышение тонуса на одной стороне тела, чаще изменениям подвержены верхние конечности. Ручка согнута во всех суставах и прижата к туловищу. Интеллект чаще всего сохранен или не резко снижен.

Зона поражения: двигательные клетки моторной зоны коры противоположного полушария.

– Двойная гемиплегия.

К признакам детского церебрального паралича этого вида относят: повышение мышечного тонуса и двигательные нарушения во всех конечностях. Могут наблюдаться: расстройства глотания, сосания, дефекты речи.

Вследствие ограниченной подвижности малыша может развиваться задержка психоречевого развития.

Зоны поражения: двигательные клетки моторных зон коры обоих полушарий.

– Атонико-астатический синдром.

Дети с детским церебральным параличом этого вида имеют сниженный мышечный тонус и мышечную слабость. У малышей медленно вырабатываются статические навыки, такие как удержание головы, умение сидеть, стоять; динамические навыки: ходить, бегать, четко брать предметы и т.д. Зона поражения: мозжечок, лобные отделы головного мозга, либо соединяющие их пути.

– ДЦП. Гиперкинетическая форма.

Дети с детским церебральным параличом гиперкинетической формы имеют изменчивый мышечный тонус. Движения конечностей неловкие с излишними двигательными реакциями. Бывают произвольные мышечные

спазмы в мышцах шеи, лица, рук и ног. Часто эту форму ДЦП сопровождают речевые расстройства.

Зона поражения: подкорковые образования (стриопаллидарная система).

Причины детского церебрального паралича, как правило, многопланово воздействуют на организм в перинатальном периоде и у малышей отмечается поражения нервной системы на нескольких уровнях. Поэтому в большинстве случаев отмечают признаки детского церебрального паралича смешанного типа. Диагноз ставят по максимально выраженным признакам.

Лечение ДЦП производится по нескольким направлениям [17]. Во-первых, необходимо максимально исправить речевые дефекты. Во-вторых, следует корректировать и совершенствовать двигательные навыки. В-третьих, нужно осуществлять работу, призванную исправлять имеющиеся нарушения в психической сфере. Для устранения двигательных расстройств важно формировать мышечный стереотип, закреплять правильные позы и пр. Обязательно нужно проводить лечение, направленное на устранение основного заболевания, которое стало причиной развития ДЦП.

В терапии болезни активно используются такие методики, как:

- массаж;
- лечебная физкультура;
- медикаментозное лечение препаратами, призванными привести в норму мышечный тонус.

Не менее активно в лечебной практике применяются следующие техники и приемы:

- Пневмокостюм «Атлант». Он способствует растяжению мышц, фиксации суставов и подачи в головной мозг «исправленного» сигнала. В итоге, конечности начинают правильно двигаться.
- Костюм «Спираль», который стимулирует компенсаторные возможности организма. Его использование способствует уменьшению спастичности мышц, приобретению новых двигательных навыков.

- Занятия с логопедом по определенным методикам.
- Использование лечебных тренажеров, ходунков, велосипедов, кресел и пр.

Иногда имеющиеся двигательные дефекты не поддаются коррекции с помощью консервативных и вспомогательных методик. В этом случае врачи прибегают к оперативному лечению. Выполняются операции по удалению контрактуры мышц, вмешательства на поясничной области, практикуется пластика сухожилий (ахиллопластика). Не исключено, что может потребоваться нейрохирургическое лечение со стимуляцией спинного мозга, с удалением поврежденных участков и т. д.

Очень часто к лечению больных ДЦП привлекают лошадей, дельфинов и других животных. В целом такие методики носят название анималотерапии. Параллельно дети направляются в специализированные санатории, где оказывается комплексное воздействие на организм.

Российские медики часто практикуют лечение ДЦП с помощью препаратов, направленных на улучшение мозгового кровообращения. Это такие лекарственные средства, как: Глицин, Актовегин, Церебролизин и пр. Также применяют в комплексной терапии БАДы и антиоксиданты. На вооружении у медиков стоят стволовые клетки. Однако, доказанной эффективности в лечении ДЦП эти препараты не имеют [18].

1.3 Анализ структуры патологии опорно-двигательного аппарата у детей и подростков

Патология опорно-двигательного аппарата традиционно занимает ведущие позиции в структуре заболеваний школьников. Число детей с различными нарушениями осанки и структурными деформациями позвоночника значительно возрастает в ходе обучения в школе. В целом, среди детей, приходящих в первые классы общеобразовательных школ, 25–30% имеют те или иные отклонения в состоянии здоровья, тогда как среди

выпускников школ эта цифра возрастает до 80%. Анализ структуры заболеваемости школьников демонстрирует, что по мере обучения в школе растет частота ряда заболеваний и особенно отклонений в состоянии опорно-двигательного аппарата [19, 20].

Нарушения опорно-двигательного аппарата в детском возрасте негативно влияют на состояние здоровья и развитие важнейших систем организма. В детском и подростковом возрасте формируется большая часть генетически детерминированной пиковой костной массы. В целом динамика костной массы человека характеризуется нарастанием ее в пубертатном возрасте и достижением максимальных значений к завершению периода полового созревания. Важность правильного формирования опорно-двигательного аппарата обусловлена тем, что накопленная в детском возрасте пиковая костная масса является основой прочности и устойчивости костей скелета в последующие годы жизни [21].

Распространенность сниженной относительно возраста минеральной плотности кости среди детей составляет 16–38% [22, 23]. Причинами нарушения накопления пиковой костной массы в детском и подростковом возрасте могут быть нутритивная недостаточность, низкая обеспеченность витамином D, различные патологические состояния, длительный прием некоторых лекарственных препаратов [24]. Одной из наиболее распространенных причин является низкая физическая активность школьников. Снижение минеральной плотности кости зачастую протекает бессимптомно, манифестируя переломами костей, а в ряде случаев – повторными низкоэнергетическими переломами.

Важнейшим условием правильного формирования костно-мышечного аппарата принято считать регулярные физические нагрузки и занятия физическими упражнениями.

Проанализировав статью Г.Ш. Мансурова, И.В. Рябчикова, С.В. Мальцева, Н.А. Зотова, посвященную нарушениям опорно-двигательного аппарата у детей школьного возраста, на основании данных Детской

республиканской клинической больницы МЗ РТ г. Казань, можно отметить следующие полученные результаты [25].

Изучение анализируемых показателей проводилось в группах школьников 13–18 лет: 1-я группа – 122 подростка, не занимающиеся профессиональным спортом и в спортивных секциях, посещающих лишь уроки физкультуры в школе; 2-я группа – 218 подростков, не занимающиеся профессиональным спортом, не имеющие спортивных разрядов, не принимающие участия в соревнованиях и посещающие спортивную секцию (армейский рукопашный бой) в качестве любителя (менее 3 раз в неделю, менее 3 лет); 3-я группа – 122 подростка, профессионально занимающиеся спортом более 3 лет, имеющих спортивные разряды и посещающих спортивную секцию 3 раза и более в неделю.

Определение минеральной плотности костной ткани проводилось с использованием метода двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA). Уровень минерализации скелета оценивался по содержанию минерала в костной ткани (Bone Mineral Content, г) и минеральной костной плотности (Bone Mineral Density, г/см²). В соответствии с критериями ВОЗ и Клиническими рекомендациями по остеопорозу (2009) [19] в детском возрасте снижение минеральной плотности костной ткани у детей регистрировали при Z-score < -2,0 SD для данного возраста и пола.

Результаты. Проведен ретроспективный анализ амбулаторных карт пациентов Центра амбулаторной травматологии и ортопедии Детской республиканской клинической больницы МЗ РТ за 3 года (2014–2016 гг.). Работа центра основана на оказании своевременной и высококвалифицированной лечебно-диагностической помощи пациентам травматологического и ортопедического профиля и медицинской реабилитации. За указанный период были зарегистрированы 102784 обращения, в том числе 75331 – по неотложной травматологии, 27453 – консультации ортопедических больных. Анализ структуры обращаемости за

медицинской помощью характеризует рост количества пациентов как с травмой, так и с ортопедической патологией (рис. 1.6).



Рис. 1.6 Число посещений Центра амбулаторной травматологии и ортопедии Детской республиканской клинической больницы МЗ РТ за 2014-2016 гг.

Среди всех посещений количество пациентов с ортопедической патологией в 2014 г. составило 9316 (31%), в 2015 г. – 8019 (23,6%), в 2016 г. – 10118 (26%). Наиболее часто встречались следующие ортопедические заболевания (МКБ-10): деформации костно-мышечной системы, сколиоз идиопатический, сколиоз юношеский, вальгусная деформация нижних конечностей, плоская стопа (*pes planus*), остеохондропатии (рис. 1.7).

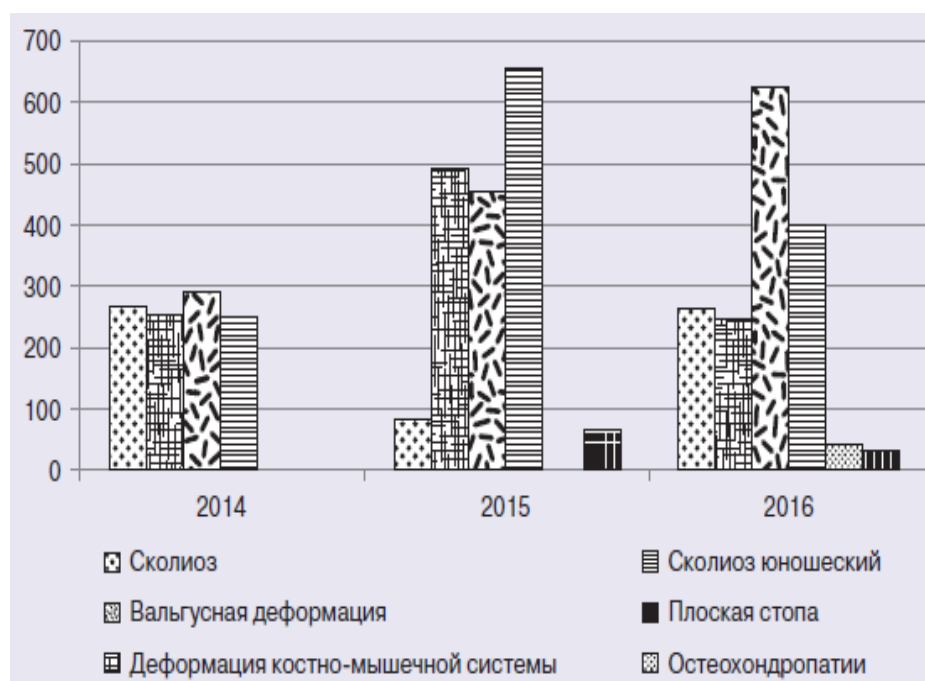


Рис. 1.7 Число пациентов с различной ортопедической патологией

Отмечена тенденция к росту числа переломов – в структуре всей патологии доля пациентов с переломами костей составила 51,1% (52591 детей): в 2014 г. – 30%, в 2015 г. – 39,7% детей, в 2016 г. – 30,1%. Преобладали переломы предплечья, переломы плечевого пояса и плеча, переломы голени, включая голеностопный сустав (рис. 1.8). Причем переломы верхних конечностей у детей и подростков встречались чаще, чем переломы нижних конечностей. Исследование частоты повторных переломов среди детей и подростков показало, что два повторных перелома отмечались у 1037 (8,9%) детей, три повторных перелома – у 175 (1,5%), четыре перелома – у 35 (0,3%), пять и более переломов – у 16 (0,13%).

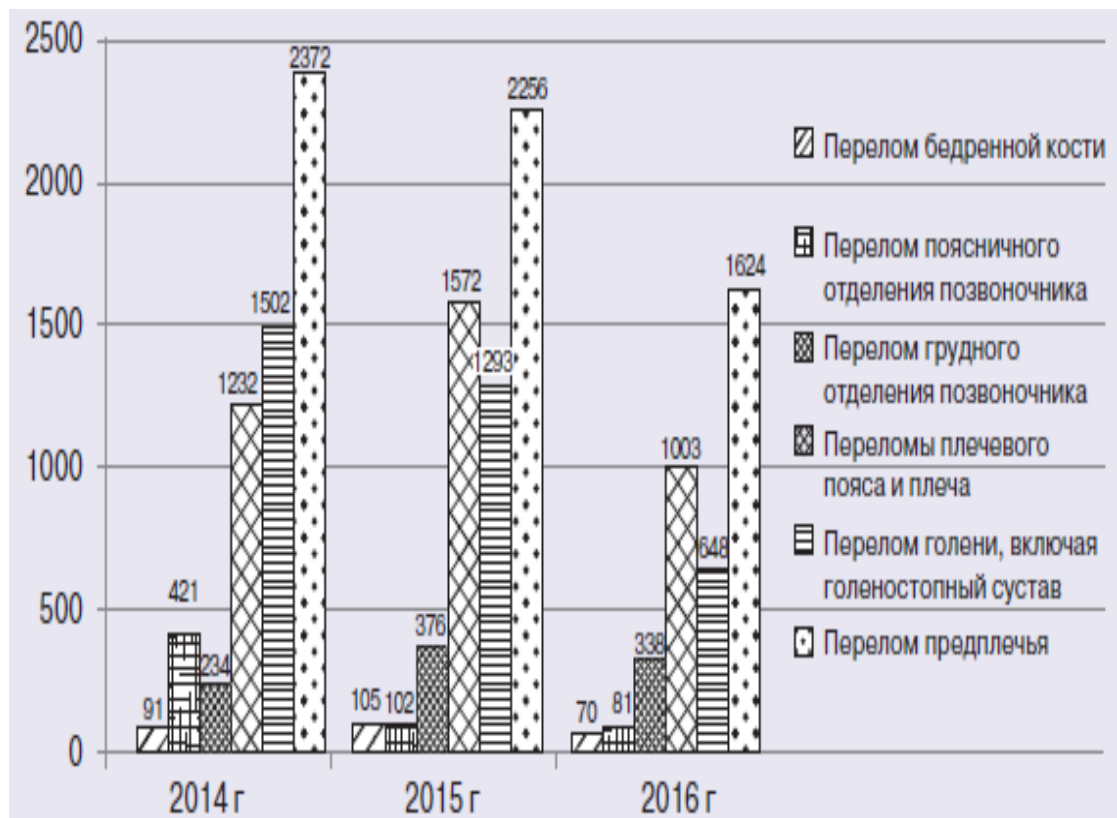


Рис. 1.8 Структура переломов у детей за 2014-2016 гг.

Проведена оценка состояния опорно-двигательного аппарата у школьников с разной физической нагрузкой на основании анализа частоты встречаемости плоскостопия, сколиоза и их сочетания. В группе с наиболее низкой физической активностью частота патологии была значительно выше

($p < 0,001$) и в 2 раза превышала таковую в группе подростков, профессионально занимающихся спортом (рис. 1.9).

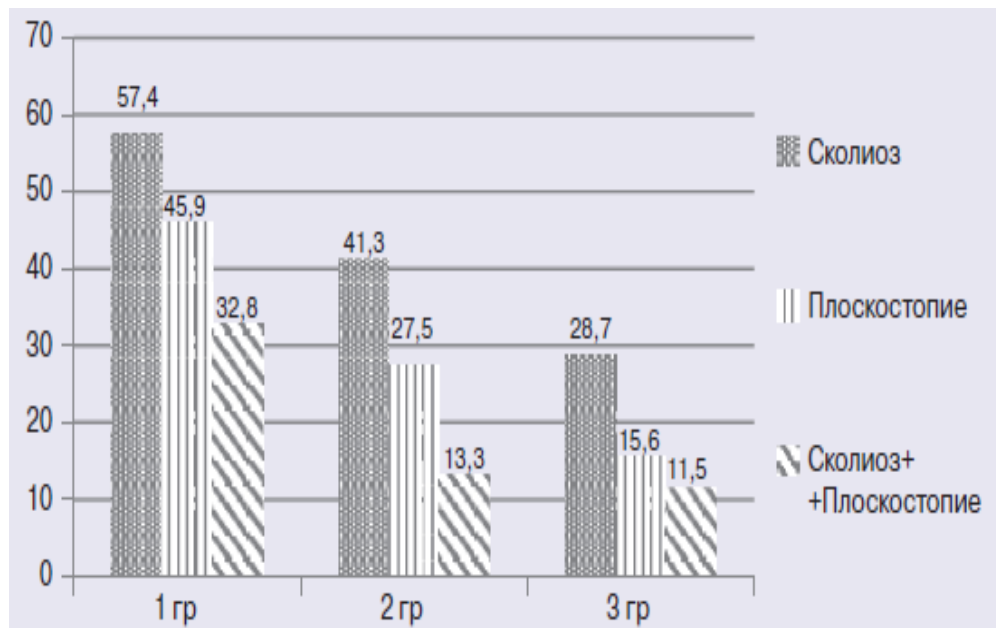


Рис. 1.9 Частота встречаемости патологий костной системы в разных группах школьников (в %)

Снижение минеральной плотности кости относительно возраста гораздо чаще (47,06%) встречалось в группе подростков, не занимающихся спортом, чем у спортсменов (16%). Более того, сочетание низкой минеральной плотности и патологии опорно-двигательного аппарата отмечено достоверно чаще в группе детей, не занимающихся спортом (см. таблицу). Показано, что переломы длинных трубчатых костей у подростков происходят на фоне дефицита минеральной плотности костной ткани, как у спортсменов, так и у детей, не занимающихся спортом. Так, в 1-й группе снижение минеральной плотности кости и переломы в анамнезе были отмечены у 26 (41,3%) из 63 детей, во 2-й группе – у 111 (39,8%) из 279, в 3-й – у 43 (36,1%) из 119.

Таким образом, проведенное исследование продемонстрировало рост ортопедической патологии и травмы у детей и подростков в последние годы. Выделены основные, наиболее часто встречающиеся виды патологии опорно-двигательного аппарата, среди которой, помимо переломов длинных трубчатых костей, отмечен сколиоз идиопатический, сколиоз юношеский,

вальгусная деформация нижних конечностей, плоская стопа, остеохондропатии и деформации костно-мышечной системы.

Сколиоз и плоскостопие встречаются достоверно чаще среди подростков, не занимающихся спортом и посещающих только уроки физкультуры, по сравнению с их сверстниками, регулярно посещающими различные спортивные секции. Рост данной патологии свидетельствует о недостатках в имеющейся практике физического воспитания школьников. Состояние минеральной плотности кости также достоверно ниже в группах подростков со сниженной физической активностью по сравнению со спортсменами.

ГЛАВА 2 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ МАКЕТА

2.1 Обзор аналогичных конструкций

В настоящее время рынок оборудования для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата детей представлен большим количеством устройств, которые отличаются между собой техническими характеристиками и ценами. Существуют следующие комплексы: комплекс БОС Нейротех Кинезис Опорно-двигательный, комплекс Амалтея «Тонус», виброплатформа Galileo Basic, стабилотренажёр ST 150.

Комплекс БОС Нейротех Кинезис Опорно-двигательный – это современная система психофизиологического тренинга и коррекции функциональных расстройств при широком спектре заболеваний нервной и опорно-двигательной систем организма (рис.2.1).



Рис. 2.1 Комплекс БОС Нейротех Кинезис Опорно-двигательный

Данная система позволяет проводить тренировки опорно-двигательного аппарата и мышечной активности на основе регистрации и анализа электромиограммы [26].

Данный метод коррекции, лечения, тренировки наиболее целесообразен и эффективен при различных паралитических состояниях вследствие поражений центральной нервной системы – тяжелых ЧМТ, ДЦП, последствия инсультов, при реабилитации последствий травм и поражений периферических нервных стволов. Играет важную роль в комплексной коррекции заболеваний мышц спины и позвоночника, нарушений осанки.

Главным качеством БОС-тренинга является точность снятия физиологических параметров в реальном времени без модулирующих искажений при обработке сигнала. В предлагаемой комплексной системе БОС осуществляется высокоточная регистрация индивидуальных характеристик биоэлектрической активности мозга и мышц. Это позволяет тренируемым и пациентам в полной мере анализировать особенности текущих физиологических процессов и, в интерактивном режиме, влиять на них.

Особенностью такой системы является интеллектуальная встроенная система создания индивидуальной математической модели-матрицы, описывающей реальные параметры мышцы перед началом сеанса тренировки. Данная модель, являясь базовой сигнальной системой, позволяет подстраиваться под индивидуальные характеристики пациента, что повышает точность физиологического восприятия и способствует более точной выработке нового двигательного паттерна.

БОС по ЭМГ применяется для коррекции различного рода нарушений двигательных функций, поражениях нервных стволов и мышечных волокон.

Основные показания к применению:

– тренировка ослабленных паретичных мышц при поражениях нервных

СТВОЛОВ;

- реабилитация при последствиях ДЦП, инсультов, мозговых травм;
- лечение пареза лицевого нерва;
- спортивная подготовка;
- выработка координации и тренировка дозированного сокращения мышц.

Назначение и возможности.

Комплекс БОС Кинезис позволяет проводить тренинг с помощью метода биологической обратной связи на основе электромиографических сигналов. Для регистрации биопотенциалов используется аппаратный блок, который позволяет осуществлять коррекцию на основе двух электромиографических каналов. Анализатор подключается к персональному компьютеру по интерфейсу USB.

Программное обеспечение системы представляет собой набор специально разработанных компьютерных акустических и визуальных акций, выполненных в игровой форме, на состояние которых пациент может осуществлять воздействие, изменяя напряжения мышцы. Пациент, в процессе настройки, находит приемлемый положительный результат, отображаемый на экране компьютера, сигнализирующий в понятной и доступной форме результаты изменения функциональных параметров тренируемой мышцы.

В качестве акустических и визуальных акций в комплексе применяются игровые ситуации, в которых пациент управляет каким-то персонажем, просмотр видеороликов и изображений с различной степенью зашумленности на экране в зависимости от результатов тренинга и звуковое сопровождение в виде музыкальных мелодий, также зашумленных в зависимости от результатов тренинга.

Игровые ситуации повышают особенно у детей восприимчивость представленной информации и мотивацию к тренировкам. Имеется

возможность назначения как разового, так и курсового лечения. Встроенная экспертная система позволяет определять возможности пациента и вести тренинг согласно этим возможностям. Метод биологически обратной связи по ЭМГ применяется для коррекции различного вида нарушений двигательных функций, поражения нервных стволов и мышечных волокон.

Параметры устройства представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Технические характеристики комплекса Кинезис Опорно-двигательный

Наименование параметра	Значение параметра
Количество каналов	2
Частота дискретизации по каждому из каналов	40 кГц
Диапазон амплитуд, измеряемых сигналов	0,1 мкВ – 200 мВ
Рабочая полоса частот усилителя (на уровне -3 дБ)	0 – 10 кГц
Среднеквадратическое значение шума, приведенное ко входу	Не более 6 мкВ
Устойчивость к электростатическим разрядам	15 кВ
Динамический диапазон АЦП	100 дБ
Разрядность АЦП	24
Диапазон перестройки ФВЧ	0 – 1 кГц
Диапазон перестройки ФНЧ	1 Гц – 10 кГц
Дополнительные режекторные фильтры на частоты	50 Гц, 100 Гц, 150 Гц, 200 Гц, 250 Гц
Габариты	225 x 220 x 72 мм
Питание	+5 В (от интерфейса USB ПК)

Комплекс Амалтея «Тонус»

Опорно-двигательный комплекс биологической обратной связи Амалтея «Тонус» предназначен для профилактики и коррекции заболеваний опорно-двигательной системы. Комплекс «Тонус» с успехом используется в

работе ортопедов, неврологов, врачей–реабилитологов, физиотерапевтов, врачей ЛФК (рис. 2.2).

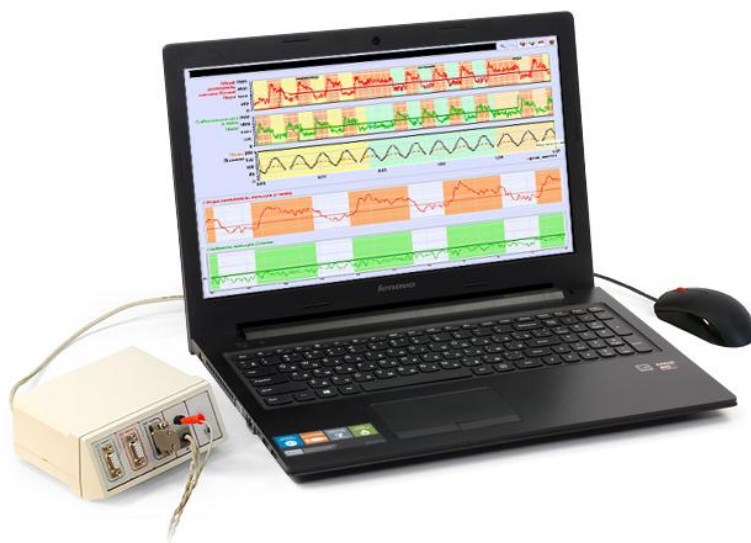


Рис. 2.2 Комплекс БОС «Тонус»

Режим ЭМГ - ФБУ позволяет работать по показателям мышечной активности по одному или двум каналам. Тренируются мышцы на расслабление, на напряжение, или на удержание баланса между напряжением одних мышц и одновременным расслаблением других. Благодаря этому возможна тренировка мышечного чувства, восстановление и развитие природных отношений между мышцами, оптимального баланса активности мышц. Особенности методики определяются не столько диагнозом, сколько характером двигательных нарушений у каждого пациента [27].

Схемы наложения электродов представлены на рисунке 2.3.

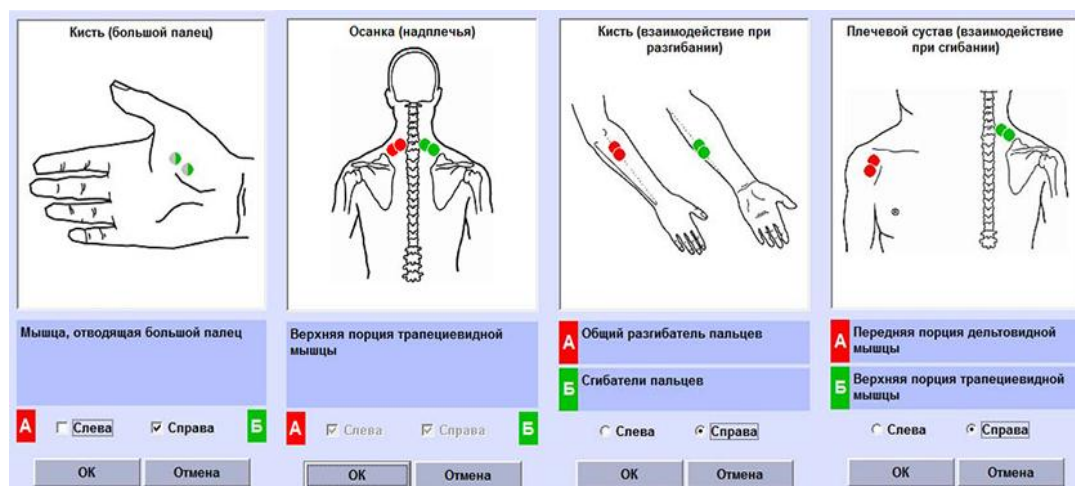


Рис. 2.3 Схемы наложения электродов

Сеансы ЭМГ – ФБУ обеспечивают формирование навыка мышечного расслабления, снижение мышечного напряжения, обучение правильным двигательным навыкам.

Во время выполнения тренировочных упражнений пациент следит за сигналами обратной связи. Сигналы обратной связи могут быть аудиальными (изменения высоты звукового тона, изменение звучания выбранной мелодии) или визуальными (изменения цветовой индикации, различные преобразования картинок и видеороликов, анимационные сюжеты) (рис. 2.4).

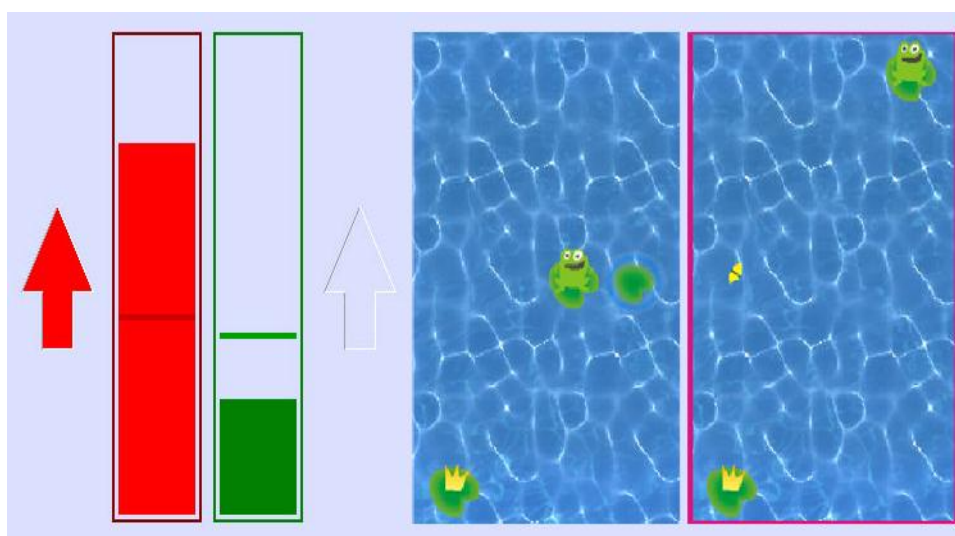


Рис. 2.4 Сигналы обратной связи

Технические характеристики данного устройства представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Технические характеристики комплекса Амалтея «Тонус»

Наименование параметра	Значение параметра
Количество каналов	2
Частота дискретизации по каждому из каналов	40 кГц
Рабочая полоса частот усилителя (на уровне -3 дБ)	0 – 10 кГц
Источник питания	от USB порта
Тип связи с ПК	USB
Габариты	225220 x 72 мм

Виброплатформа Galileo Basic

Применение в ходе реабилитационных мероприятий виброплатформы Галилео позволяет: уменьшить спластику, увеличить силу и работоспособность мышц, улучшить баланс и координацию, увеличить скорость ходьбы и повысить устойчивость походки, укрепить кости [28].

При помощи виброплатформы Galileo (рис. 2.5) успешно лечатся рассеянный склероз, болезнь Паркинсона, частичная парализация (при поражениях спинного мозга), а также последствия инсультов. В зависимости от симптомов используются различные частоты.



Рис. 2.5 Виброплатформа Galileo Basic

Принцип работы устройства Галилео основан на процессе естественного движения человека при ходьбе. Система функционирует подобно качелям. Для начала тренировки пациенту необходимо просто встать на эти качели. Быстрые качательные движения тренировочной платформы заставляют таз раскачиваться, как при ходьбе, только гораздо чаще. Для балансировки, тело реагирует ритмичными сокращениями мышц, которые управляются рефлексамии. Поочередно сокращается мускулатура то правой, то левой половины тела. Во время этого процесса мускулатура не требует осознанной активизации, сокращения мышц происходят за счёт так называемого рефлекса растяжения. По сравнению с движениями,

управляемыми волевым усилием, рефлексам намного лучше скоординированы и субъективно требуют меньше усилий. Тренировка активизирует мускулатуру ног и корпуса. Это значительно улучшает кровоснабжение, в особенности ног, способствует улучшению обмена веществ. Занятия на виброплатформе Галилео позволяют исключительно эффективно и быстро устранять последствия различных двигательных нарушений.

Частота в Герцах (циклах в секунду) задается на установке и всегда выбирается в соответствии с целью тренировок. Таким образом, низкие частоты используются для мобилизации, средние частоты – для тренировки мышечных функций, а высокие — для улучшения работоспособности мышц. Амплитуда, т.е. наклон рабочей платформы вверх или вниз, определяется положением ног. Чем дальше расположены ступни от центра платформы, тем сильнее тренировка.

Особенности:

- Многофункциональная тренировка функции мышц, основанная на физиологических движениях человека.
- Позволяет тренировать мышцы ежедневно в домашних условиях.
- Входящий в комплектацию пульт дистанционного управления позволяет с удобством осуществлять выбор частот во время тренировки.
- Прекрасные отклики от пользователей в связи с достижением результатов за короткое время.
- Разнообразные сферы применения.
- Занятия занимают немного времени.
- Проста в эксплуатации.
- Подходит для всех возрастных категорий.
- Плавно изменяющаяся амплитуда работы.
- Независимое от веса, направленное синусоидальное (гармоническое) движение и передача силы.
- Воспроизводимые параметры занятий.

Перечень технических характеристик данного оборудования представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Технические характеристики виброплатформы Galileo Basic

Наименование параметра	Значение параметра
Внешнее управление	Отсутствует
Внутренний контроль	Да
Дистанционное управление	Да
Частотный диапазон (от / до)	12 .. 27 Гц
Амплитуда (от / до)	0 .. - / +3,9 мм
Ход	7,8 мм
Размеры основного блока (д / ш / ч)	650 x 510 x 120 мм
Габаритные размеры (д / ш / в)	650 x 510 x 120 мм
Вес блока базы	31 кг
Общий вес	31 кг
Максимальная нагрузка (вес тела)	120 кг
Потребляемая мощность	400

Стабилотренажёр ST 150

Стабилоплатформа, созданная российскими учёными несколько лет назад, до сих пор не имеет аналогов в мире (рис. 2.6).



Рис. 2.6 Стабилотренажёр ST 150

Причём, уникальный аппарат зарекомендовал себя и как лечебный тренажёр, и как диагностический инструмент [29].

Принцип стабиллоплатформы заключён в биологической обратной связи. Чуткие датчики, расположенные на платформе, собирают и передают информацию в систему, затем данные появляются на экране монитора. Это позволяет врачу быстро оценивать ситуацию, контролировать эффективность тренировки.

Для ребенка необходимая информация о правильности выполненного упражнения подается в форме игровой ситуации. Ребёнок с удовольствием включается в лечебный процесс.

Стабиллоплатформу рекомендуют применять при любых поражениях позвоночника и суставов (врождённых и приобретённых), при наличии неврологических отклонений и т.д.

Ребёнок зачастую не может правильно описать свои болевые ощущения, не может самостоятельно определить даже локализацию проблемы. Подсознательно малыш выбирает такие движения, которые не будут доставлять дискомфорт. Может сформироваться неверный стереотип движений, неравномерно развиваться мышечный аппарат.

Исключить дальнейшее развитие отклонений помогают занятия на стабиллоплатформе. Такие тренировки позволяют создать правильные двигательные привычки, привести мышцы в тонус, улучшить работу вестибулярного и зрительного аппарата, укрепить иммунитет.

Лечению на стабиллоплатформе успешно поддаются такие отклонения, как:

- плоскостопие (частый диагноз у современных детей);
- искривление позвоночника, различные деформации позвонков;
- неустойчивая походка;
- мышечная слабость;
- неврологические нарушения;

- гипоксия, нарушение кровоснабжения головного;
- головокружения;
- нарушения зрения и слуха и др.

Параметры данного устройства представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Технические характеристики стабилотренажёра ST 150

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон нагрузок	от 20 до 150 кг (от 40 до 300 кг)
Диапазон измерения координат, % от линейных размеров стабилотренинговой платформы	не более 80%
Потребляемая мощность	не более 15 Вт
Дискретность индикации координат	1 мм
Дискретность индикации массы	0,1 кг (0,2кг)
Абсолютная погрешность измерения массы	не более 0,2 кг (0,4 кг) ²⁴
Абсолютная погрешность определения координат	не более 1 мм
Частота опроса датчиков	не менее 30 Гц
Рабочий температурный диапазон	от 10 до 40 °С
Масса, кг	не более 10 кг
Электропитание от универсальной последовательной шины USB	от 4,75 до 5.75 В
Габариты платформы	не более 500x400x100 мм

В результате обзора аналогичных конструкций можно сделать вывод о том, что современный рынок представлен довольно таки дорогостоящим оборудованием, возникает необходимость разработать макет такого устройства, которое будет обладать всеми необходимыми техническими параметрами и приемлемой ценой.

2.2 Формирование функциональных требований к разрабатываемой конструкции

Основные технические характеристики, относящиеся к макету разрабатываемой конструкции, приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Технические характеристики разрабатываемого макета устройства

Наименование параметра	Значение параметра
Габаритные размеры	не более 900 x 900 x 50 мм
Максимальная нагрузка (вес тела)	100 кг
Источник питания	от USB порта
Управление	ПК
Интерфейс связи с ПК	USB
Количество активных кнопок	4-6
Поверхность устройства	массажная (ортопедическая)

Разрабатываемый макет устройства должен соответствовать основным требованиям:

- механическая конструкция должна быть выполнена из экологически безопасных материалов;
- конструкция должна быть удобной и эргономичной;
- надежная, удобная, стойка поверхность коврика;
- индикация активности устройства и нажатия кнопок;
- конструкция должна быть транспортабельной.

2.3 Разработка структурной схемы и подбор элементов, материалов

Основными деталями устройства являются:

- микроконтроллер – это небольшая микросхема для управления электронными устройствами и осуществления взаимодействия между ними в

соответствии с заданным алгоритмом, может выполнять простые и сложные задачи. Обычный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, включает в себя ОЗУ и (или) ПЗУ. Задача микроконтроллера - задать логику работы всего устройства в целом [30];

- кнопка – исполнительное устройство, которое служит источником сигналов (команд) для проекта;
- ортопедический коврик – это специально предназначенное полотно различной жесткости, состоящее из пазлов, необходимое для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Структурная схема аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата представлена на рис. 2.7.

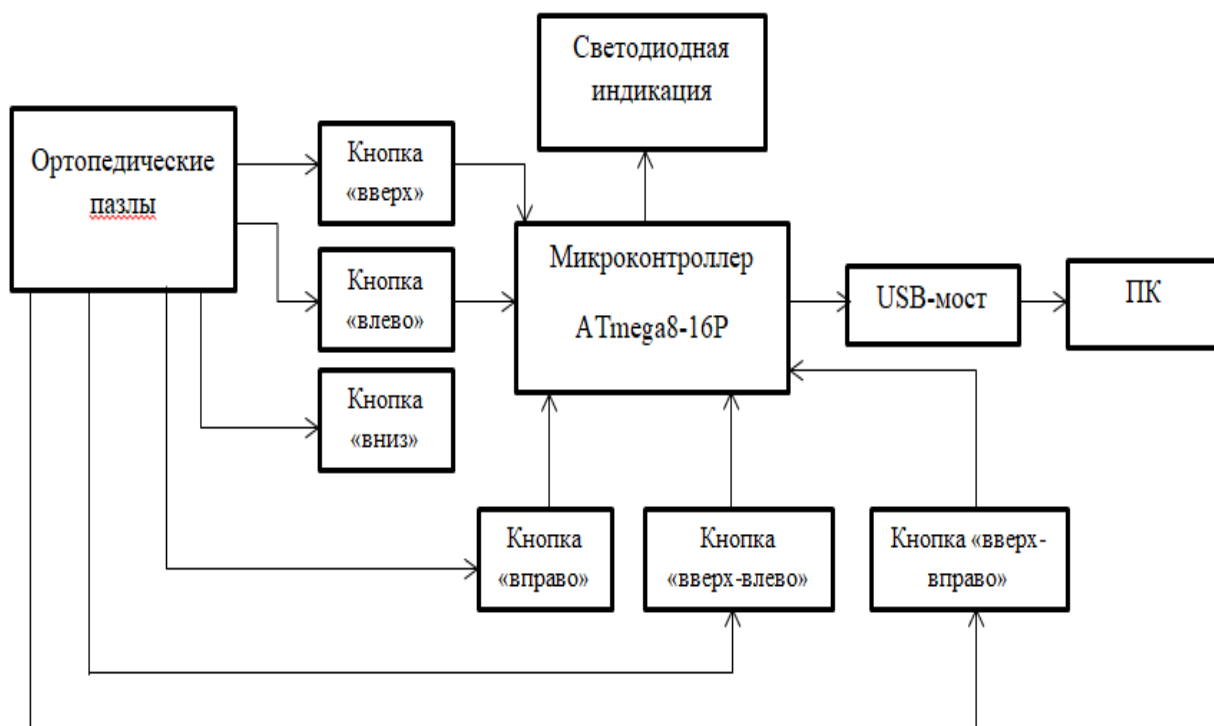


Рис. 2.7 Структурная схема аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата

В качестве элементной базы были выбраны следующие компоненты:

- 1) ATmega8-16PU - 8-битный микроконтроллер малой мощности на базе

архитектуры AVR RISC, имеющий следующие характеристики, представленные в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Технические параметры АТмега8-16PU

Наименование параметра	Значение параметра
Ядро	avr
Ширина шины данных	8-бит
Тактовая частота	16 мГц
Количество входов/выходов	23
Объем памяти программ	8 кбайт(4к x 16)
Тип памяти программ	flash
Объем EEPROM	512x8
Объем RAM	1к x 8
Наличие АЦП/ЦАП	ацп 6x10b
Встроенные интерфейсы	i2c, spi, uart
Встроенная периферия	brown-outdetect/reset, por, pwm, wdt
Напряжение питания	4.5...5.5 в
Рабочая температура	-40...+85с

Схематическое обозначение (структура) элемента представлено на рис.

2.8.

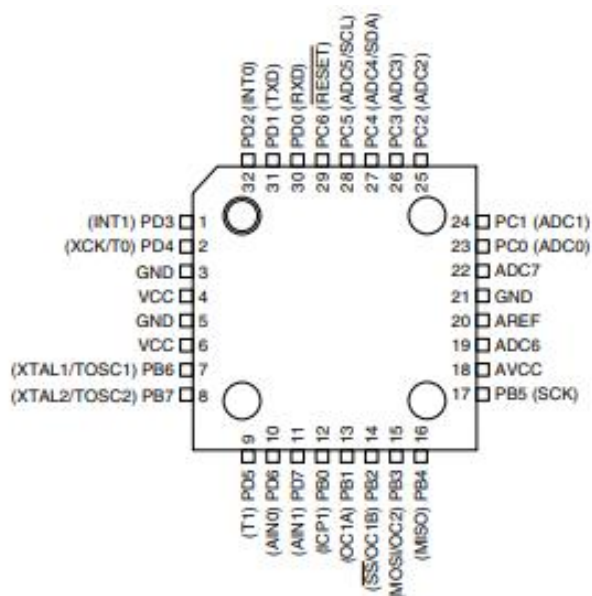


Рис. 2.8 Схематическое обозначение (структура) Atmega 8

2) В качестве светодиодной индикации используются светодиоды 5мм - полупроводниковые источники света с рабочим напряжением от 1,9В до 3,4В и силой тока в 20мА. Сила света при этом в зависимости от номинала варьируется от 30мкд до 30 000мкд.

Светодиод состоит из таких основных частей:

- светоизлучающий кристалл;
- проводник;
- анод (+);
- катод (-);
- отражатель - для направления светового потока;
- пластиковая линза.

Свечение светоизлучающего диода возникает вследствие рекомбинации электронов в зоне контакта двух полупроводников с различными типами проводимости, именуемой Р-Н переходом, при прохождении через него электрического прямого тока.

Схематическое обозначение (структура) элемента представлено на рис. 2.9.



Рис. 2.9 Схематическое обозначение (структура) светодиода

3) FT232BL – преобразователь USB, представляющий из себя микросхему, позволяющую обеспечить подключение к USB интерфейсу устройств, имеющих последовательный интерфейс RS232. При этом в оперативной системе персонального компьютера образуется COM – порт. Также можно проводить преобразования в стандарт RS422, RS485.

Система управления на основе микроконтроллера Atmega8-16P предназначена для:

- управления работой кнопок в соответствии с заданным алгоритмом;
- получения информации с кнопок;
- обработки информации с кнопок;
- организация взаимосвязи с персональным компьютером.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАКЕТА КОНСТРУКЦИИ

3.1 Проектирование схемы электрической принципиальной

Схема электрическая принципиальная модуля управления исполнительными механизмами (главного контроллера) представлена на рис. 3.1.

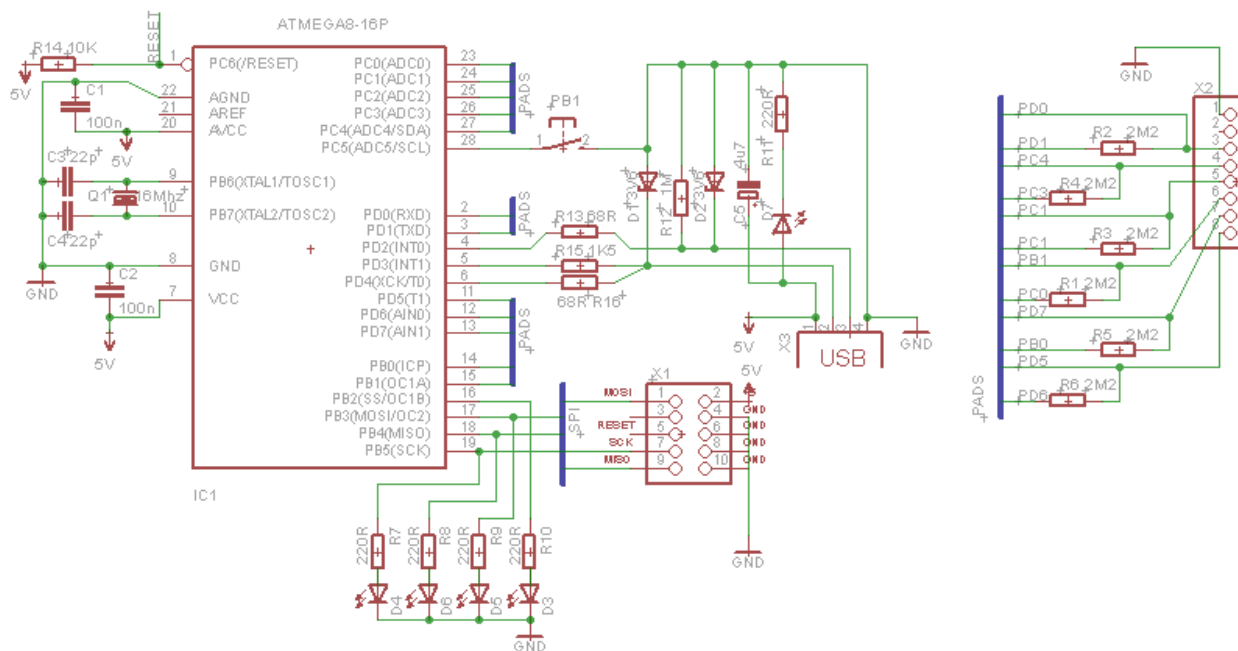


Рис. 3.1 Схема электрическая принципиальная модуля главного контроллера

Устройство выполнено на основе микроконтроллера Atmega 8 (элемент IC1). Рабочая частота стабилизирована кварцевым резонатором Q1. Программирование может осуществляться по интерфейсу JTAG (разъем X3). Питание устройства осуществляется внешним источником питания (ПК) посредством разъема X3 заранее стабилизированное преобразователем (5 вольт). Кнопка ТС-3121 в схеме PB1 используется для переключения режимов работы устройства. 8 Pin угловой разъем (папа) типа 6604PRA-08 на схеме X2 используется для подключения кнопок. Стабилитроны D1, D2 (диоды Зеннера) служат для стабилизации напряжения на выходе.

Светодиоды D3, D4, D5, D6 являются индикаторами нажатия кнопок, а светодиод D7 - индикатором питания. Связь с компьютером поддерживается посредством интерфейса USB.

Разводка кнопок на разрабатываемом устройстве представлена на рисунке 3.2.

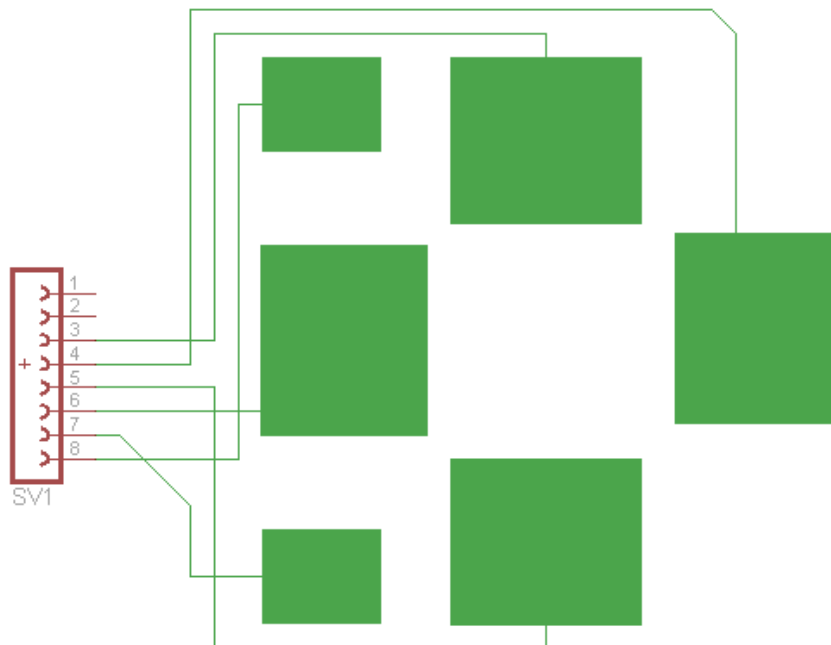


Рис. 3.2 Разводка кнопок

3.2 Разработка и изготовление механических компонентов

Необходимый элемент, которым является коробка для электрической платы, входящая в состав конструкции разрабатываемого аппаратно-программного комплекса, была разработана в пробной версии программы Dassault Systemes (Catia V5) и распечатана на 3D принтере Picaso Designer, которому сообщались задания по распечатке через программу Poligon. Ниже, на рис. 3.3 – рис. 3.4 представлены разработанные 3D – модели составляющих деталей, на рис. 3.5 представлена готовая модель коробки.

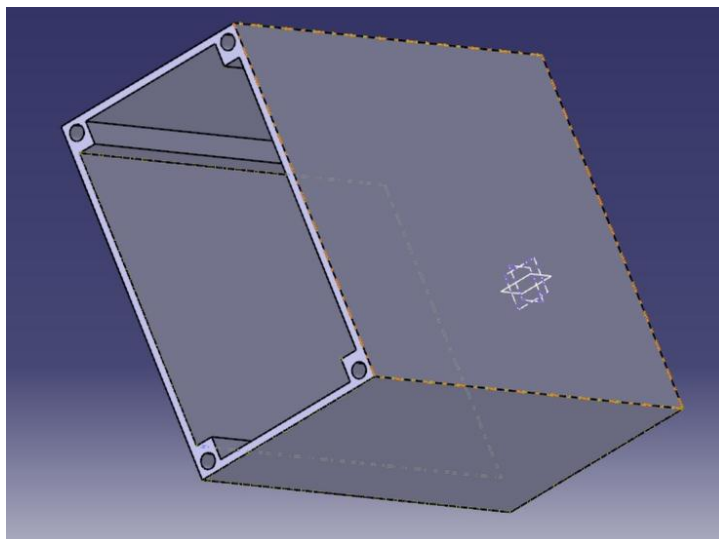


Рис. 3.3 Корпус коробки

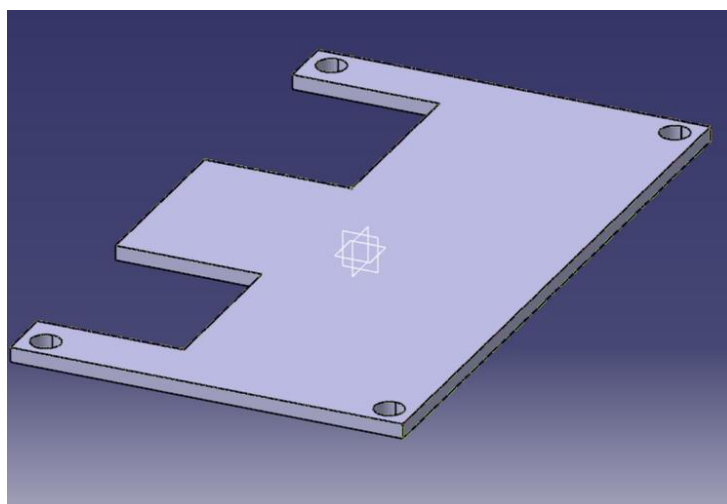


Рис. 3.4 Крышка коробки

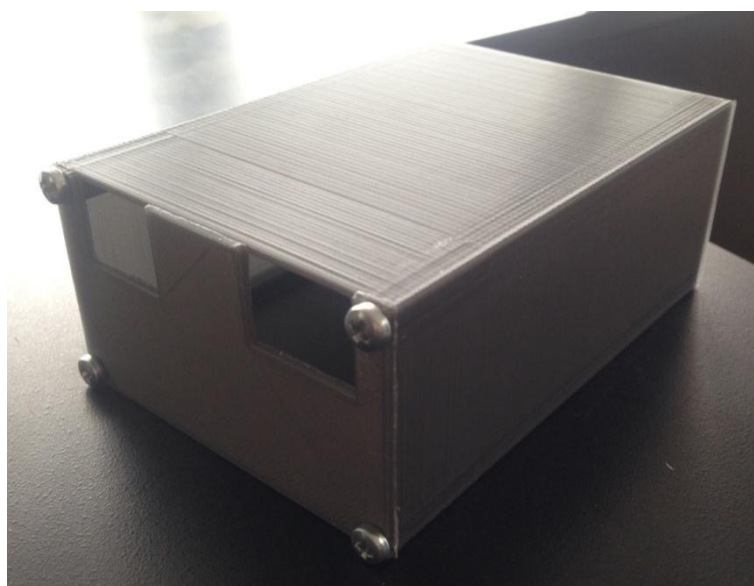


Рис. 3.5 Готовая модель коробки

В качестве основных материалов для изготовления макета необходимой конструкции были использованы экологически чистые пиломатериалы из сосны, выступившие в роли каркаса аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, а также для изготовления контактных кнопок использовались ортопедические пазлы и композит алюкобонд (рис. 3.6 – рис. 3.7).

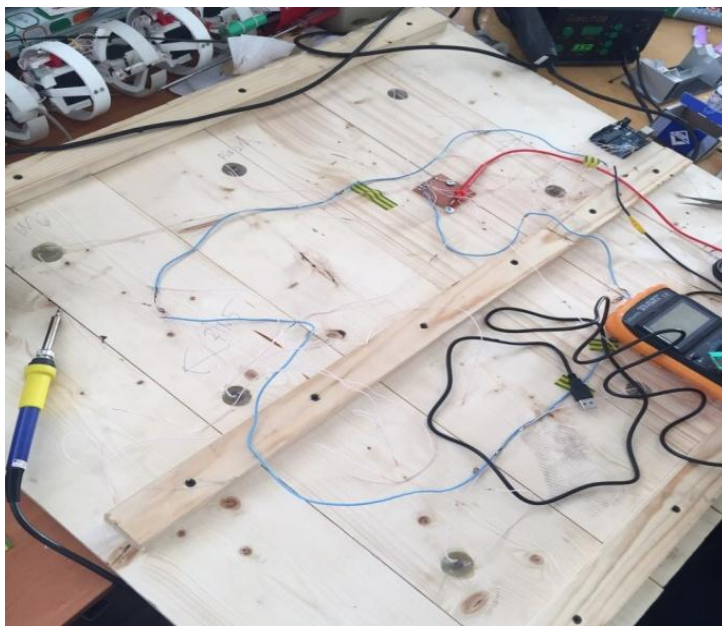


Рис. 3.6 Каркас макета

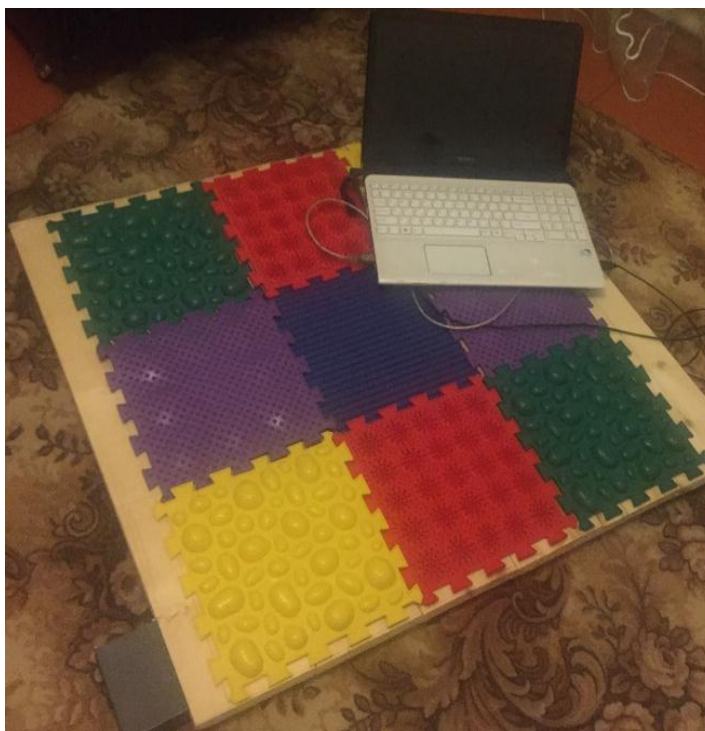


Рис. 3.7 Натурный образец аппаратно-программного комплекса

3.3 Разработка тестовой управляющей программы для микроконтроллера

Для микроконтроллера ATmega 8-16P было разработано тестовое программное обеспечение с использованием среды разработки AtmelAVR STUDIO 6.2 на языке Си [31].

Фрагмент исходного кода программы для управляющего микроконтроллера по реализации обмена данными с ПК представлен в листинге 1.

Листинг 1

```
#include <Keyboard.h>
int upStatus=1;
int upStatusPrev=1;
int leftStatus=1;
int leftStatusPrev=1;
int downStatus=1;
int downStatusPrev=1;
int rightStatus=1;
int rightStatusPrev=1;
void setup()
{
  pinMode(2,INPUT_PULLUP);
  pinMode(5,INPUT_PULLUP);
  pinMode(4,INPUT_PULLUP);
  pinMode(3,INPUT_PULLUP);
  Keyboard.begin();
}
void loop()
{
  upStatus=digitalRead(2);
  leftStatus=digitalRead(5);
```

```
downStatus=digitalRead(4);
rightStatus=digitalRead(3);
//UP ARROW PRESSED
if (upStatus!=upStatusPrev && upStatus==LOW)
{
    Keyboard.press('w');
    upStatusPrev=upStatus;
}
//UP ARROW RELEASED
if (upStatus!=upStatusPrev && upStatus==HIGH)
{
    Keyboard.release('w');
    upStatusPrev=upStatus;
}
//LEFT ARROW PRESSED
if (leftStatus!=leftStatusPrev && leftStatus==LOW)
{
    Keyboard.press('a');
    leftStatusPrev=leftStatus;
}
//LEFT ARROW RELEASED
if (leftStatus!=leftStatusPrev && leftStatus==HIGH)
{
    Keyboard.release('a');
    leftStatusPrev=leftStatus;
}
//DOWN ARROW PRESSED
if (downStatus!=downStatusPrev && downStatus==LOW)
{
    Keyboard.press('s');
```

```
    downStatusPrev=downStatus;
}
//DOWN ARROW RELEASED
if (downStatus!=downStatusPrev && downStatus==HIGH)
{
    Keyboard.release('s');
    downStatusPrev=downStatus;
}
//RIGHT ARROW PRESSED
if (rightStatus!=rightStatusPrev && rightStatus==LOW)
{
    Keyboard.press('j');
    rightStatusPrev=rightStatus;
}
//RIGHT ARROW RELEASED
if (rightStatus!=rightStatusPrev && rightStatus==HIGH)
{
    Keyboard.release('j');
    rightStatusPrev=rightStatus;
}
}
```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен макет аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, а также были получены следующие результаты:

- выполнен анализ существующих решений в области заболеваний опорно-двигательного аппарата, предложен свой вариант его реализации, а также изучены особенности костно-мышечной системы детей;
- выполнен обзор и анализ аналогичных конструкций, используемых для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата. В результате составлены таблицы, отражающие технические характеристики аналогов;
- выполнен подбор материалов и элементов с учетом разрабатываемого макета;
- изготовлен макет аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата с использованием аддитивных технологий и оборудования с числовым программным управлением;
- разработана схема электрическая принципиальная, а также тестовое программное обеспечение для управляющего микроконтроллера.

Поставленные цель и задачи работы выполнены в полном объеме. Решения, использованные в работе, позволили получить на выходе макет устройства, обладающего более низкой себестоимостью, чем аналогичные конструкции, технологичностью, и будут использованы в дальнейшем при изготовлении образца аппаратно-программного комплекса для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата при реализации программы импортозамещения, для изготовления современного отечественного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А. А., Альбицкий В. Ю., Зелинская Д. И., Терлецкая Р. Н. Инвалидность детского населения России.- М.: Центр развития межсекторальных программ, 2008.- 240с.
2. Венгеров И. А. Анализ зарубежных исследований в области предупреждения детского дорожно-транспортного травматизма // Предупреждение дорожно-транспортного травматизма среди детей и пешеходов: Материалы науч. -практ. конф. М., 2000. — С. 51–55.
3. Малахов О. А., Леванова И. В., Кралина С. Э., Шарпарь В. Д. Ошибки и осложнения при консервативном лечении врожденного вывиха бедра у детей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. -2003.- № 4.- С. 28–29.
4. Малахов О. А., Цыкунов М. Б., Фёдорова С. А. Диагностика статических деформаций позвоночника методами топографической фотометрии и рентгенографии: сравнительная оценка // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова.- 2007.- № 1.- С. 60 65.
5. Осипов А. А., Кожевников В. В., Кожевников В. А и др. Малоинвазивные хирургические вмешательства в лечении врожденной косолапости у детей первого года жизни // Детская хирургия.- 2008.- № 3. - С. 9–11.
6. Виноградов А. В., Ольхова Е. Б., Тиликин А. Е., и др. Восстановление костно-хрящевых структур после коррекции воронкообразных деформаций грудной клетки у детей// Детская хирургия. -2004, — № 1.- С. 24–27.
7. Дашевская Н. Д. Оценка состояния здоровья детей дошкольного возраста и их адаптация к школе: Автореф. дис. канд. мед. наук. - Екатеринбург, 1998. 31 с.
8. Детская ревматология // Под ред. А. А. Баранова, Л. К. Баженовой, руководство для врачей. М.: Медицина, 2002.- 335с.

9. Дорожная безопасность для детей и молодежи в Европе. ВОЗ, Копенгаген, 2007. — 35 с.
10. Доскин В. А., Авдеева Т. Г., Сулимова Н. В., Кузьменкова С. Н. Особенности соматического и нервно-психического здоровья детей из социально неблагополучных условий // Российский педиатрический журнал. -2001. -№ 1, — С. 19–21.
11. Дрожжина Л.А. Новые методики в лечении сколиотической болезни // Совершенствование травматолого-ортопедической помощи детям: Материалы симпозиума детских травматологов-ортопедов с междуцар участием. СПб, 2008. — С. 171–174.
12. Дудин М. Г., Фалинский А. А., Леснова С. Ф. Специализированный восстановительный центр детской ортопедии и травматологии // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова,-2003. -№ 4.- С. 14–15.
13. Еналдиева Р. В., Автандилов А. Г., Ветрилэ С. Т. и др. Оценка динамики функции внешнего дыхания у больных с тяжелыми формами сколиоза в отдаленном послеоперационном периоде // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова, — 2006.- № 2.- С. 21–22.
14. Еськин Н. А., Михайлова Л. К. Ультрасонографическая оценка состояния тазобедренных суставов у новорожденных // Вестниктравматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова.- 2003.- № 4.- С. 23–25.
15. Ефименко Н. А. О перспективах организации специализированной амбулаторной хирургической помощи // Военно-медицинский журнал.- 2000.- № 4.- С. 20–23.
16. Ефименко Н. А., Воробьев В. В., Лисицын А. С. Проблемы и перспективы специализированной амбулаторной хирургической помощи // Военно-медицинский журнал: Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал Мин, обороны РФ. 2002. — № 12. — С. 4–7.

17. Ефимова И. В., Гансанжа В. О. Характеристика физического развития детей младшего школьного возраста // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2007.- № 1. С. 39–40.
18. Баранов А.А., Кучма В.Р., Рапопорт И.К. Стратегия «Здоровье и развитие подростков России» как инструмент международного взаимодействия в охране здоровья детей. *Российский педиатрический журнал* 2011; С. 12–18.
19. Белова О.А. Диагностика и профилактика нарушений опорно-двигательного аппарата у младших школьников. *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке» (Серия медицина)* 2012; С. 114–117.
20. Мирская Н.Б. Факторы риска, негативно влияющие на формирование костно-мышечной системы детей и подростков в современных условиях. *Гигиена и санитария* 2013; С. 65–71.
21. Щеплягина Л. А., Моисеева Т. Ю., Круглова И. В. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы). Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. М 2006; С.228–272.
22. Rizzoli R., Bianchi M.L., Garabédian M., McKay H.A., Moreno L.A. Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone* 2010; 46 (2): 294–305. DOI: 10.1016/j.bone.2009.10.005.
23. Мальцев С.В., Мансурова Г.Ш., Колесниченко Т.В., Зотов Н.А. Минеральная плотность кости у детей в разные возрастные периоды. *Практич. мед* 2013; 6 (75): 106–108.
24. Основные показатели здоровья матери и ребенка, деятельность службы охраны детства и родовспоможения в Российской Федерации.- М., 2006.- 140с.
25. Г.Ш. Мансурова, И.В. Рябчиков, С.В. Мальцев, Н.А. Зотов. Нарушения опорно-двигательного аппарата у детей школьного возраста. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*, 2017; С. 187-191.

26. Стационарный прибор биофидбэк (БОС) «Кинезис»- ООО НМФ «Нейротех» [электронный ресурс]:
https://neurotech.ru/biofeedback/complexes/stationary_biofeedback_device_kinesis/
27. Опорно-двигательный комплекс Амалтея «Тонус» [электронный ресурс]:
http://amalteaspb.com/index.php?path=75_79&route=product%2Fcategory
28. Виброплатформа Galileo Basic [электронный ресурс]:
<https://www.galileo-center.com/основные-направления/тренажеры/galileo-basic/>
29. Стабилоплатформа ST-150 [электронный ресурс] :
<https://www.biomera.ru/upload/manualST150.pdf>
30. Бродин В. Б., Шагурин И. И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс . Изд-во Эком,1999.
31. Программирование микроконтроллеров в AtmelStudio 6. [электронный ресурс] / <http://datagor.ru/microcontrollers/2489-programmirovanie-avr.html>.