

ВОРОН Андрей Васильевич, канд. пед. наук, доцент

*Белорусский государственный университет физической культуры,
Минск, Республика Беларусь*

ТРЕНАЖЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИЛЫ МЫШЦ И РЕАБИЛИТАЦИИ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

В статье представлено описание ряда устройств для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава. Указаны преимущества и недостатки существующих конструкций этих устройств, учет которых позволил создать новое, более совершенное устройство для развития силовых качеств и реабилитации голеностопного сустава. Развивая начатое нами ранее направление конструирования изодинамических (изокинетических) тренажерных устройств, новое устройство совмещает преимущества устройств с изотоническим типом сопротивления нагрузки, имеющих в конструкции шарнирные соединения, а также устройств с изокинетическим типом сопротивления нагрузки: высокую подвижность движимых частей устройства (как в шаровом шарнирном соединении) обеспечивает кардан Гука совместно с опорным подшипником; применяемый изокинетический режим сопротивления позволяет использовать преимущества «приспосабливающегося» сопротивления изокинетических тренажеров.

Ключевые слова: тренажерное устройство; развитие силы мышц; реабилитация голеностопного сустава; изокинетический тип сопротивления.

TRAINING DEVICE FOR THE DEVELOPMENT OF MUSCLE STRENGTH AND REHABILITATION OF THE ANKLE JOINT

The article describes a number of devices for the development of muscle strength and rehabilitation of the ankle joint. The advantages and disadvantages of the existing designs of these devices are indicated, taking into account which made it possible to create a new, more advanced device for the development of strength qualities and rehabilitation of the ankle joint. Developing the direction of designing isodynamic (isokinetic) training devices that we started earlier, the new device combines the advantages of devices with an isotonic type of load resistance and having articulated joints in the design, as well as devices with an isokinetic type of load resistance: high mobility of the movable parts of the device (as in a ball joint) is provided by the Hooke cardan together with a support bearing; the applied isokinetic resistance mode allows you to take advantage of the "adaptive" resistance of isokinetic simulators.

Keywords: training device; development of muscle strength; rehabilitation of the ankle joint; isokinetic type of resistance.

Введение. Травмы, нарушающие функции опорно-двигательного аппарата, подстерегают человека всю его жизнь на каждом шагу. Повреждения голеностопного сустава являются наиболее частыми среди всех травм конечностей. Наибольший процент травм голеностопного сустава происходит по различным причинам: от неправильных приземлений при спрыгивании с высоты, приземлениях на неровные поверхности, падениях и других. В этих случаях наиболее характерны вывихи и переломы. Могут наблюдаться и повреждения и заболевания мягких тканей этой области – икроножных мышц, ахиллова сухожилия, растяжения и воспаления связочного аппарата.

Известно, что повреждения голеностопного сустава относятся к частому виду травмы и по информации [1, 2] составляют 10,2–26,1 % всех повреждений опорно-двигательной системы и 40–60 % повреждений голени [3, 4, 5]. Медицинская практика показывает, что пациенты с повреждением связочного аппарата (независимо от того – являются ли они неосложненными или осложненными, а тем более, пациенты с переломами голеностопного сустава – нуждаются в медицинской реабилитации). Важной частью реабилитации является комплекс медицинских мероприятий, направленных на восстановление (или компенсацию) нарушенных функций организма и трудоспособности

больных и инвалидов. В этом отношении использование средств механотерапии с применением специальных устройств и тренажеров является эффективным мероприятием, а направление реабилитации – механотерапия – актуальным.

Основная часть. Поиск наличия разработок тренажерных устройств для развития силовых способностей голеностопного сустава, а также оценка разработанности проблемы реабилитации голеностопного сустава с помощью специально созданных тренажерных устройств показала, что существует ряд защищенных авторским правом устройств [6–12]. Достоинства и недостатки указанных тренажеров, на наш взгляд, позволят создать новое, более совершенное устройство для развития силовых качеств и реабилитации голеностопного сустава.

Поиск в сети Интернет показал для указанных выше задач наличие следующих устройств, имеющих определенные достоинства и недостатки.

Тренажер изобретателя Roger C. Sparks [6] предназначен для тренировки и укрепления мышц и связок без воздействия на них стандартными нагрузками с динамическими и (или) изометрическими режимами сопротивления (рисунок 1, слева). Устройство позволяет прилагать усилия занимающегося против центробежного тормоза, который увеличивает сопротивление движению по мере увеличения скорости движения. Горизонтально расположенный рычаг, включающий в себя стремя, вращается вокруг вертикального вала ног и ногой пользователя, причем вал функционально соединен с механизмом увеличения скорости, а скорость его

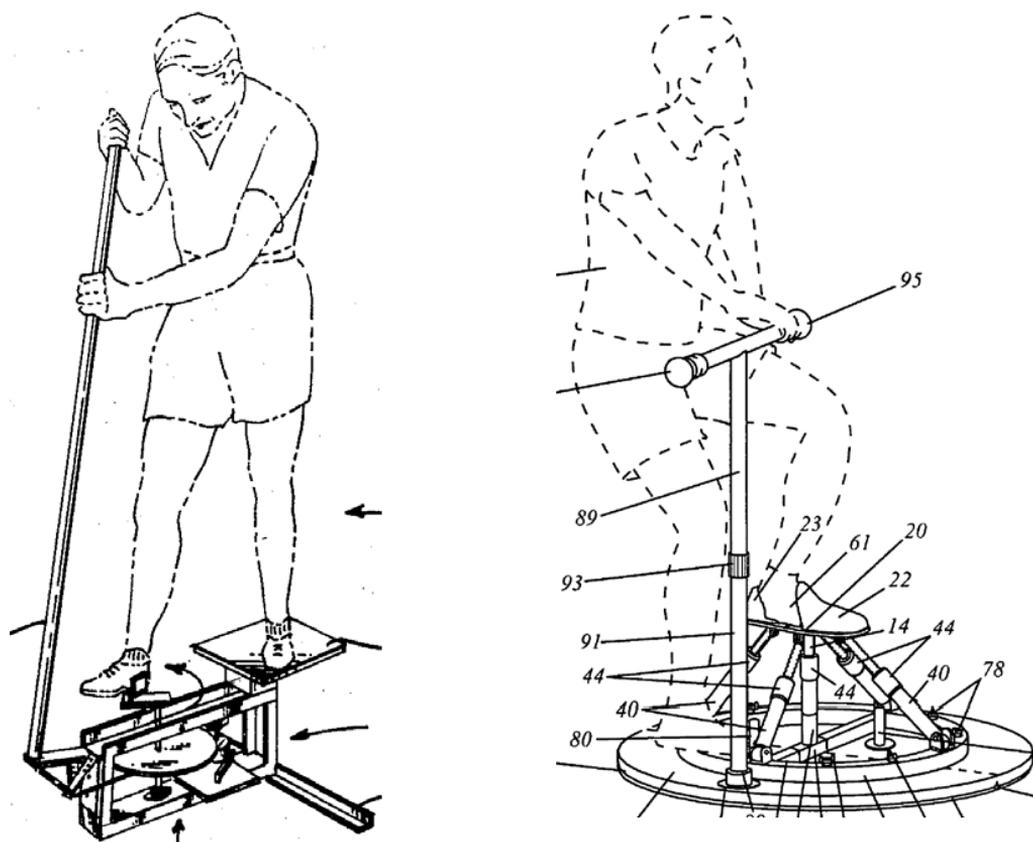


Рисунок 1. – Тренажерные устройства для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава: слева – изобретателя Roger C. Sparks [6]; справа – изобретателя Austen Alexa [7]

вращения регулируется центробежным тормозом. Количество усилий, прилагаемых для преодоления тормозного сопротивления, отображается простым соединением тормозного механизма с легко видимым индикатором.

Другое устройство изобретателя Austen Alexa [7] предназначено для укрепления, развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава человека и содержит большое устойчивое основание и множество устойчивых амортизирующих элементов, проходящих от нее до соответствующей платформы для крепления стопы (рисунок 1, справа). На платформу для крепления стопы помещается нога пользователя, которая соединяется с платформой манжетами у носка и пятки. Для создания сопротивления движению пользователя устройство оснащено четырьмя цилиндрами. Каждый цилиндр имеет регулировочные средства для уменьшения или добавления сопротивления.

Тренажер изобретателя Russell D. Fiore [8] для использования в реабилитации мышц ног, голеностопного сустава и стопы имеет опору для ног, соединенную с

основанием шарового шарнира, что позволяет опоре наклоняться в любом направлении опорой для ног, поддерживаемой таким образом (рисунок 2, слева). Соединение включает в себя резьбовой элемент, работающий для обеспечения выбранного сопротивления такому опрокидыванию, а также указатель и шкалу, позволяющие соотносить сопротивление с размером опорной ноги.

Известно также реабилитационное устройство голеностопного сустава с линейным приводом (изобретатели Jody A. Saglia, Nikos G. Tsagarakis, Jian S. Dai, Darwin G. Caldwell [9]) (рисунок 2, справа). Устройство оригинально тем, что оснащено линейным приводом, в частности – электромеханическим линейным приводом, состоящим из корпуса, находящегося в корпусе вдоль осевого направления стержня, электрического двигателя и механизма преобразования вращательного движения в поступательное движение стержня.

Устройство изобретателя Mark E. Stodgell [10] разработано для реабилитации голеностопного сустава и обеспечива-

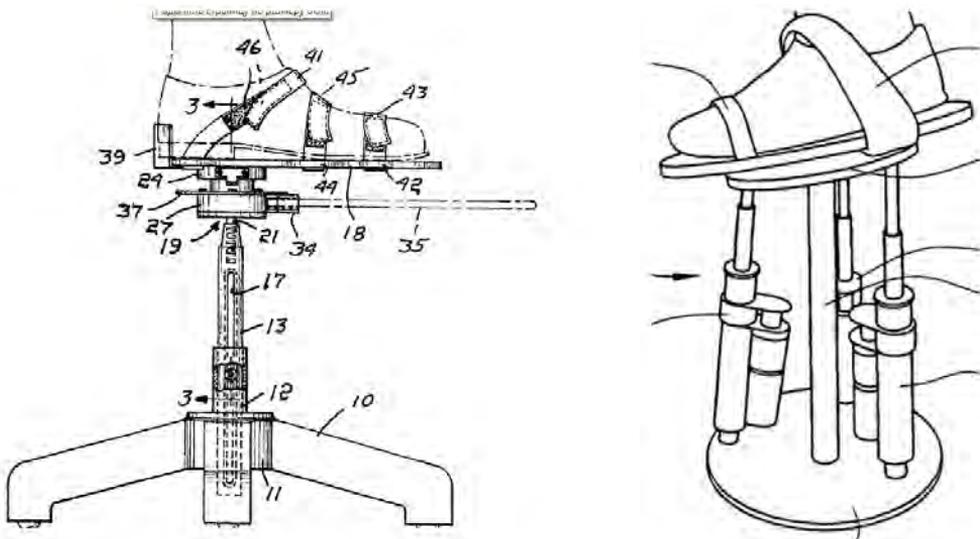


Рисунок 2. – Тренажерные устройства для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава: слева – изобретателя Russell D. Fiore [8]; справа – изобретателей Jody A. Saglia, Nikos G. Tsagarakis, Jian S. Dai, Darwin G. Caldwell [9]

ет выполнение физических упражнений, дублирующих полный спектр движений голеностопного сустава (рисунок 3, сверху). Величина сопротивления движению и направление сопротивления могут быть изменены без отсоединения стопы от устройства. Также предусмотрено натяжное устройство, позволяющее использовать его для изометрических упражнений голеностопного сустава. Устройство для реабилитации голеностопного сустава содержит: основание; опорную стойку, установленную на основании; опорную пластину, установленную с возможностью вращения на опорной стойке; универсально установленную сверху опорной стойки опорную платформу для ног и двухзвенный рычажный механизм, установленный одним концом на опорной пластине, а другим концом – на одной из множества точек крепления на опорной платформе для ног. Спиральная пружина присоединена между стержнями рычага.

Устройство изобретателя Craig Hayden [11] для реабилитации голеностопного сустава включает в себя: платформу для ног, подвижно расположенную на опорной конструкции, соединенной с основанием и выступающей вверх (рисунок 3, снизу). Платформа для ног сконструирована определенным образом для поворота по ограниченному пути, а также для ограничения движения лодыжки пользователя к сгибанию, внешнему и внутреннему вращению в одном направлении по ограниченному пути поворота. Шарнир устройства присоединен между платформой для ног и опорным рычагом и имеет отверстие, размером и формой ограничивающее движение соединительного рычага и, таким образом, ограничивающее движение платформы для ног. Устройство также включает средства сопротивления, такие как поршень (цилиндр), соединенные с основанием и между основанием и платформой для ног, для сопротивления движению платформы

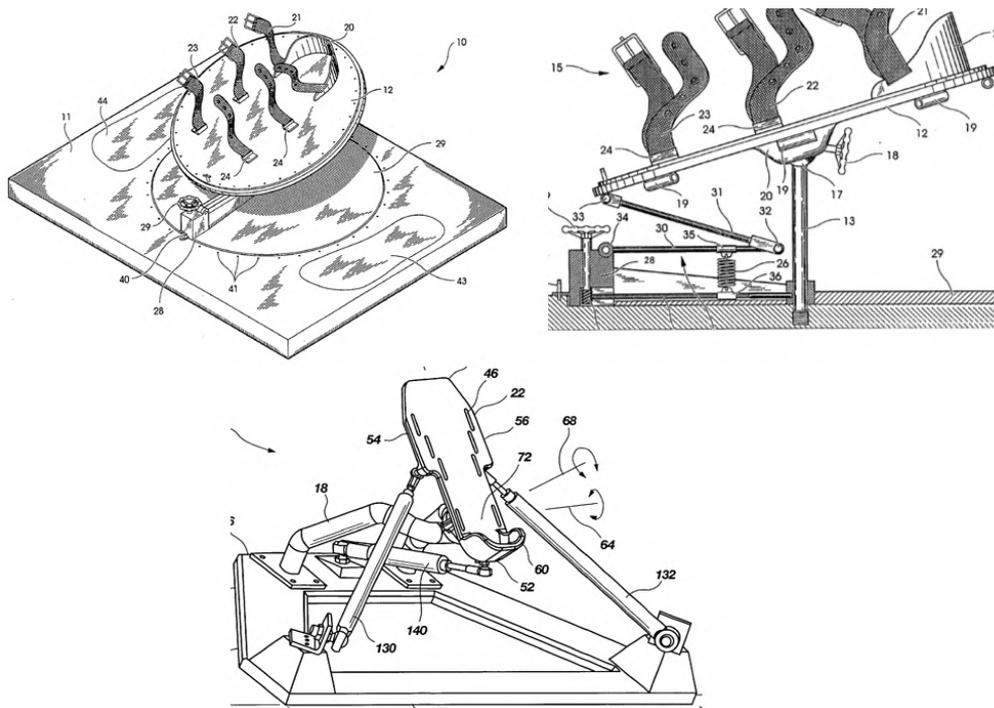


Рисунок 3. – Тренажерные устройства для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава: сверху – изобретателя Mark E. Stodgell [10]; снизу – изобретателя Craig Hayden [11]

для ног относительно основания. Поршень (цилиндр) может быть ориентирован поперек всех осей поворота ножной платформы, чтобы противостоять любому движению платформы с ногой.

Тренажерное устройство для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава изобретателя Tim L. Troxel [12] включает в себя ножную платформу, прикрепленную универсальным шарнирным соединением к опорной стойке (рисунок 4). Универсальное шарнирное соединение позволяет ножной платформе наклоняться или поворачиваться как вокруг продольной, так и поперечной осей. Амортизаторы, одним концом универсально закрепленные на платформе стопы, стабилизируют платформу стопы, обеспечивают сопротивление поворотному движению и ограничивают движение пластины стопы четырьмя основными направлениями движения, благоприятными для укрепления нужных групп мышц. Тренажер позволяет успешно изолировать мышцы, участвующие в дорсифлексии, подошвенном сгибании, инверсии и вывороте, предотвращая при этом вращение стопы.

Кроме вышеперечисленных устройств для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава сегодня в розничной продаже имеются коммерческие тренажерные устройства (рисунок 5).

В ряде представленных устройств [7, 9, 11, 12] в качестве элемента конструкции, задающего сопротивление, использованы цилиндры с поршнями, заполненными газом или жидкостью. Механическая работа при подобном сопротивлении движениям занимающегося носит так называемый изокинетический характер. Это их достоинство. В то же время в представленных образцах тренажеров, движения в голеностопном суставе конструктивно ограничены. Это их недостаток. Кроме того, практически во всех представленных образцах тренажеров (рисунки 1–5) стопа за-

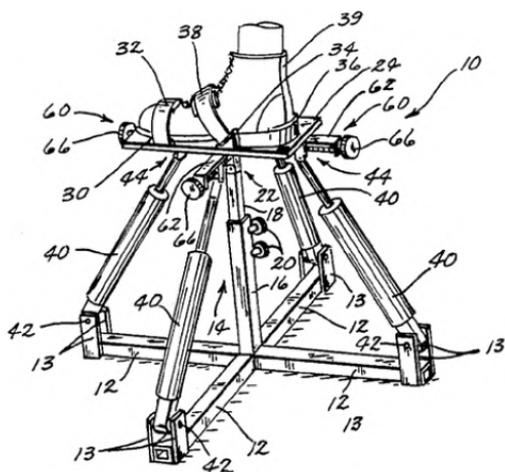


Рисунок 4. – Тренажерное устройство для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава изобретателя Tim L. Troxel [12]

нимающегося фиксируется на подвижной части устройства при помощи ремней, что не позволяет в должной мере надежно ее зафиксировать.

Как указывает Ю.В. Верхошанский [13], «... изокинетический метод развития силы мышц заключается в том, что внешнее сопротивление движению меняется, лимитируя его скорость и обеспечивая максимальную нагрузку на мышцы по всей рабочей амплитуде. То есть задается не величина сопротивления, как в упражнениях с отягощением, а скорость выполнения движения. С возрастанием скорости увеличивается и внешнее сопротивление. При изокинетическом методе (развития силы) сопротивление является функцией приложения силы. Поскольку мышечное усилие и работоспособность изменяются в ходе реализации конкретного движения, сопротивление автоматически приспосабливается к способности мышц в каждой точке рабочей амплитуды. Изокинетический аппарат (тренажер) дает мышце постоянную ... нагрузку при каждом повторении упражнения независимо от того, какое оно по счету. Таким образом, приспособляющееся сопротивление трена-



Рисунок 5. – Используемые сегодня в практике развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава коммерческие тренажерные устройства

жера непосредственно коррелируется со специфической работоспособностью мышечного аппарата спортсмена». Изокинетический метод позволяет получить более значительные результаты в приросте силы мышц и в более короткий срок, а также существенно сократить время, затрачиваемое на силовую тренировку [14, 15].

В специальной научно-методической литературе по физической культуре и спорту встречаются такие названия тренажеров, как «изокинетические» или «изодинамические» [13, 16]. При этом демонстрируются одни и те же принципиально идентичные технические решения – в качестве элементов, создающих сопротивление движениям занимающихся, используются различного рода поршневые системы. В этих устройствах действующие силы сопротивления движениям – силы трения, избыточного давления газов или жидкостей. В связи с этим изокинетические и изодинамические тренажеры

мы относим к одному и тому же классу по признаку сопротивления движениям занимающегося. В статьях [17–20] показаны преимущества изодинамических (изокинетических) тренажеров (в сравнении с другими типами устройств) для развития физических качеств, а также описаны конструкции и способы использования двух оригинальных изодинамических (изокинетических) устройств. Выделяются следующие преимущества изодинамических (изокинетических) тренажеров: «приспособительный» характер сопротивления, наличие малых инерционных сил при движениях, возможность воспроизводить движения с нагрузкой в двух направлениях хода поршня устройства и другие.

Развивая начатое направление конструирования изодинамических (изокинетических) тренажерных устройств, разработано и изготовлено тренажерное устройство для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава (рисунок 6).

При разработке тренажерного устройства были учтены недостатки существующих моделей тренажеров для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава. Новое тренажерное устройство для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава состоит из следующих частей: защитного корпуса (1), к которому неподвижно присоединены верхняя и нижняя панель фиксирующей платформы (2); свободно установленных колодок фиксирующего стопу механизма (3), кардана Гука (4), неподвижно соединенного с одной стороны с нижней панелью фиксирующей платформы (2), а с другой – через опорный вал (5) с опорным подшипником (6). Опорный подшипник (6) неподвижно соединен с опорной панелью (7). С опорной панелью (7) и нижней панелью фиксирующей платформы (2) подвижно соединены посредством крепе-

ний (9) три пары газлифтов (8). Ограничение движений газлифтов обеспечивается тремя ограничителями (10), неподвижно соединенными с опорной панелью (7).

Устройство используется следующим образом. В пространство между колодками фиксирующего механизма (3) помещается стопа левой или правой ноги. Колодки прижимаются плотно к боковым поверхностям стопы и фиксируются вращением рукояти фиксирующего болта (11) и прижиманием ленты фиксирующего механизма (12) (рисунок 6). Производятся различные движения в голеностопном суставе одной ноги: сгибание, разгибание, супинация, пронация, ротация и всевозможные комбинации из указанных движений. Обратный ход воспроизведения операций по фиксации ноги позволяет извлечь ее из фиксирующего механизма устройства. Внешний вид и исполь-

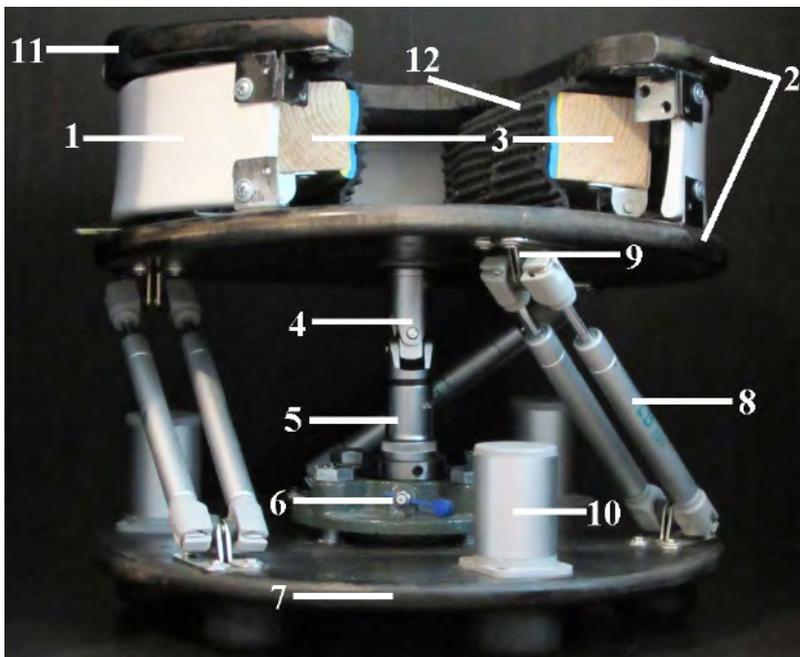


Рисунок 6. – Составные части нового тренажерного устройства «Ankle Round»

для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава:

1 – корпус защитный, 2 – верхняя и нижняя панель фиксирующей платформы, 3 – колодки фиксирующего стопу механизма, 4 – кардан Гука, 5 – опорный вал, 6 – опорный подшипник, 7 – опорная панель, 8 – газлифт, 9 – крепление, 10 – ограничитель, 11 – рукоятка фиксирующего болта, 12 – лента фиксирующего механизма

зование тренажерного устройства для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава наглядно представлены на рисунках 7 и 8.



Рисунок 7. – Вид тренажерного устройства «Ankle Round» сверху

Изменение внешнего сопротивления на тренажере возможно благодаря использованию трех или шести промышленных барных газлифтов и их различного нагрузочного сопротивления (60 или 80 Ньютон).

Предлагаемая конструкция тренажерного устройства для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава совмещает преимущества устройств с изотоническим типом сопротивления нагрузки и имеющих в конструкции шарнирные соединения, а также устройств с изокинетическим типом сопротивления нагрузки:

- высокую подвижность движимых частей устройства (как в шаровом шарнирном соединении) обеспечивает кардан Гука совместно с опорным подшипником (рисунок 6, 7);

- применяемый изокинетический режим сопротивления позволяет использовать преимущества «приспосабливающегося» сопротивления изокинетических тренажеров.

Эффективность использования тренажера для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава требует экспериментальной проверки. Оценка эффективности устройства для развития силы мышц планируется произвести в условиях формирующего эксперимента с участием контрольной и экспериментальной групп.



Рисунок 8. – Использование тренажерного устройства для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава

Заключение.

1. Представлено описание ряда устройств для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава.

2. Указаны преимущества и недостатки существующих конструкций устройств для развития силы мышц и реабилитации голеностопного сустава, учет которых позволил сконструировать новое, более

совершенное устройство, для развития силовых качеств и реабилитации голеностопного сустава.

3. Создано новое устройство, которое совмещает преимущества устройств с изотоническим типом сопротивления нагрузки и имеющих в конструкции шарнирные соединения, а также устройств с изокинетическим типом сопротивления нагрузки.

1. Багиров, А. Б. Характеристика поврежденной голеностопного сустава и их лечение / А. Б. Багиров А. В. Рудковский, А. А. Кафанов // *Клиническая медицина*. – 2002. – № 4. – С. 22–24.

2. Хорошков, С. Н. Пути совершенствования консервативного лечения переломовывихов голеностопного сустава / С. Н. Хорошков, В. И. Зоря // *Травматология и ортопедия*. – 2004. – № 4. – С. 1215–1218.

3. Гурьев, В. Н. Повреждение голеностопного сустава : моногр. / В. Н. Гурьев. – М., 1997. – 123 с.

4. Гурьев В. Н. Повреждения голеностопного сустава / В. Н. Гурьев // *Травматология* : в 3 т. / под общ. ред. Ю. Г. Шапошникова. – М. : Медицина, 1997. – Т. 2. – С. 382–408.

5. Кузьменко, В. В. Прочность соединения фрагментов при различных оперативных способах лечения некоторых внутрисуставных переломов / В. В. Кузьменко, К. А. Волощенко // *Ортопедия, травматология и протезирование*. – 1983. – № 6. – С. 50–53.

6. Centrifugal brake for exercise machine : pat. US 4595198A, A63B23/0482 / Roger C. Sparks ; Current Assignee Second Century Farms Inc. – Publ. date 17.06.86.

7. Shock absorber ankle exercise device : pat. US 7892154B1, A63B23/08 / Austen Alexa. – Publ. date 22.02.11.

8. Exerciser for lower leg, ankle, and foot muscles : pat. US 4186920A, A63B23/08 / Russell D. Fiore. – Publ. date 05.02.80.

9. Linearaktuator und rehabilitationsvorrichtung mit derartigem aktuator : pat. EP 2381910B1, F16H19/0618 / Jody A. Saglia, Nikos G. Tsagarakis, Jian S. Dai, Darwin G. Caldwell ; Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia. – Publ. date 22.08.12.

10. Ankle rehabilitation device : pat. US 5368536A, A63B23/08 / Mark E. Stodgell. – Publ. date 29.11.94.

11. Ankle rehabilitation device : pat. US 6277057B1, A63B23/08 / Craig Hayden. – Publ. date 21.08.21.

12. Ankle exerciser : pat. US 4605220A, A63B23/08 / Tim L. Troxel. – Publ. date 12.08.86.

13. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю. В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 215 с.

14. Хабаров, А. А. Интенсивная общая и специальная (в изокинетическом режиме) силовая подготовка атлетов в 12–17-летнем возрасте : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / А. А. Хабаров ; КубГАФК. – Майкоп, 1998. – 18 с.

15. Черкесов, Ю. Т. Проблема и методические возможности детерминации режимов силового взаимодействия спортсменов с объектами управляющей предметной среды : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Ю. Т. Черкесов ; ГЦОЛИФК. – М., 1993. – 62 с.

16. Юшкевич, Т. П. Тренажеры в легкой атлетике : пособие / Т. П. Юшкевич, А. В. Ворон. – Минск : БГУФК, 2014. – 91 с.

17. Ворон, А. В. Изокинетический тренажер для развития силовых качеств мышц ног / А. В. Ворон // *Актуальные проблемы подготовки резерва в спорте высших достижений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11–12 нояб. 2009 г. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: М. Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]*. – Минск : БГУФК, 2009. – С. 91–93.

18. Отличительные характеристики тренажеров, основанных на изодинамическом режиме сопротивления / А. В. Ворон [и др.] // *Ученые записки : сб. рец. науч. тр. / редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.) [и др.] ; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск : БГУФК, 2019. – Вып. 22. – С. 264–271.*

19. Ворон, А. В. Преимущества тренажеров на основе изодинамического режима сопротивления / А. В. Ворон // *II Европейские игры – 2019 : психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 4–5 апр. 2019 г. : в 4 т. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шиллюк (зам. гл. ред.) [и др.]*. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 77–80.

20. Тяговое устройство с изменяемыми свойствами сопротивления / А. В. Ворон [и др.] // *Наука – образованию, производству, экономике : материалы 12-й Междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т., Минск, 16 июня 2014 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2014. – Т. 3. – С. 205.*