

**Министерство здравоохранения Российской Федерации
(Минздрав России)
Федеральное медико-биологическое агентство
(ФМБА России)**

**ОЦЕНКА БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА СПОРТА ДЛЯ СИСТЕМЫ
ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕТОДОВ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЛЕЧЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ
СБОРНЫХ КОМАНД РОССИИ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННЫХ ТРАВМ И
ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ
ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Рекомендации

«Р» ФМБА _____ - 2020

Москва
2020

Предисловие

1. Разработано:

1.1. В Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России):

Генеральный директор – д-р. мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН
А.С. Самойлов.

первый заместитель генерального директора – д-р мед. наук, профессор
А.Ю. Бушманов.

2. Исполнители:

Заведующий лабораторией больших данных и прецизионной спортивной медицины – к.б.н М.С. Ключников, зав. отделением спортивной психологии ЦСМиР – С.Е. Назарян, руководитель ЦСМиР – А.В. Хан, аспирант – И.В. Катковский.

3. В настоящих рекомендациях реализованы требования Федеральных законов Российской Федерации:

- от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»;

- от 04 декабря 2007 г. № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации».

4. Утверждены и введены в действие Федеральным медико-биологическим агентством « » _____ 2020 г.

5. Введены впервые.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	2
1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	4
2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	5
3. ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	8
5. ПРОГРАММА ТЕСТИРОВАНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ - ЧЛЕНОВ СБОРНЫХ КОМАНД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УГЛУБЛЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ	11
Физикальный осмотр и клиническая оценка состояния опорно-двигательного аппарата (на примере плечевого пояса и свободной верхней конечности).....	12
Быстрый тест комбинированного движения.	14
Тест болезненной дуги.	15
Симптом импиджмента HAWKINS-KENNEDY.	16
Исследование силовых способностей с помощью роботизированных биомеханических систем (CON-TREX).....	16
Изокинетическое баллистическое тестирование силы мышц нижних конечностей. ..	17
Виды тренировочных протоколов	28
Прецизионное исследование пострурального контроля при помощи видеоанализа....	30
6. НОРМАТИВНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЫШЕЧНО- СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ.	38
7. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	46
БИБЛИОГРАФИЯ	46

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Федерального
медико-биологического агентства

_____ В.И. Скворцова

« » _____ 20__ г.

Согласовано

Заместители руководителя Федерального медико-биологического агентства

Ю.В. Мирошникова

В.В. Романов

Борисевич И.В.

«__» _____ 20__ г.

«__» _____ 20__ г.

«__» _____ 20__ г.

**РАЗРАБОТКА, ИЗЛОЖЕНИЕ, ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НА СОГЛАСОВАНИЕ И
УТВЕРЖДЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ
ФМБА РОССИИ**

Рекомендации

«Р» ФМБА России _____ – 2020

1. Область применения

Настоящие методические рекомендации разработаны для врачей спортивных сборных команд России и их ближайшего резерва, для врачей по спортивной медицине травматологических отделений многопрофильных клиник и реабилитационных центров, занимающихся восстановительным и реабилитационным лечением спортсменов различных спортивных квалификаций.

Настоящие методические рекомендации рассматривают проблему объективной диагностики двигательных паттернов у высококвалифицированных спортсменов в норме и патологии, в т.ч. для задач обеспечения машиночитаемости данных, необходимых для обучения

нейросетевых алгоритмов искусственного интеллекта для автоматического распознавания двигательных паттернов при видеоанализе движения у высококвалифицированных спортсменов – членов спортивных сборных команд и их ближайшего резерва.

Данные методические рекомендации могут быть использованы как в системе медико-биологического обеспечения спортивных сборных команд Федерального медико-биологического агентства, так и в учреждениях региональной и муниципальной принадлежности.

2. Нормативные ссылки

Федеральный закон № 323-ФЗ от 21.11.2011 г. «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

Федеральный закон № 329-ФЗ от 04.12.2007 г. «О физической культуре и спорте в Российской Федерации».

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.03.2016 г. № 134н «О Порядке организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса "Готов к труду и обороне"».

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15.11.2012 г. № 926н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях нервной системы» (Зарегистрировано в Минюсте России 23.01.2013 N 26692).

ГОСТ 1.5-2001 (ред. 2005г.) Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по

межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.

«Р» ФМБА России 15.68 – 2017 Рекомендации «Разработка, изложение, представление на согласование и утверждение нормативных и методических документов ФМБА России».

3. Обозначения и сокращения

АДп - Пульсовое давление

А Дер. - Среднее артериальное давление

АП — Адаптационный потенциал

БАТ — Биологически активные точки

ВИ - Вегетативный индекс

ВНС — Вегетативная нервная система

ВР - Время реакции

ВСР - Вариабельность сердечного ритма

ГРВ - Газоразрядная визуализация

ДАД - Диастолическое артериальное давление

ДМГГК - Должное максимальное потребление кислорода

ДМО — Должный минутный объем

ДП — Двойное произведение

ЗГ - Закрытые глаза

ИД - Индивидуальный дециметр

ИДХ - Индивидуальный дециметр хронотопа

ИИР - Индекс инотропного резерва

ИХР - Индекс хронотропного резерва

ИТ - Индифферентный хронотип

ИМ - Индивидуальная минута

ИМХ - Индивидуальная минута хронотопа

КВ - Коэффициент выносливости
КМС - Кандидат в мастера спорта
КРРМ — Коэффициент расходования резервов миокарда
ЛТ — Личностная тревожность
МИЛ - Магнито-инфракрасный лазер
МО — Минутный объем крови
МПК — Максимальное потребление кислорода
МС - Мастер спорта
ОГ - Открытые глаза
ОПСС — Общее периферическое сопротивление сосудов
ПД — Патологический десинхроноз
ПРЛЖ — Производительность работы левого желудочка
САД - Систолическое артериальное давление
САН - Самочувствие, Активность, Настроение
СВВТ - Слабо выраженный вечерний хронотип
СВУТ - Слабо выраженный утренний хронотип
СИ - Систолический индекс
СО - Систолический объем
ССС - Сердечно-сосудистая система
СТ — Ситуативная тревожность
УА - Успешная адаптация
УИ - Ударный индекс
УО - Ударный объем
УПС — Удельное периферическое сопротивление
ФД — Физиологический десинхроноз
ЦНС — Центральная нервная система
ЧВВТ — Четко выраженный вечерний хронотип
ЧВУТ — Четко выраженный утренний хронотип
ЧСС — Частота сердечных сокращений
ЭКГ - Электрокардиография

4. Общие положения

Заболевания и травмы опорно-двигательного аппарата являются одной из наиболее распространенных патологий в спорте высших достижений. Травмы и заболевания опорно-двигательного аппарата являются наиболее частой причиной госпитализации спортсменов и их лечения в условиях стационара.

Для медико-биологического обеспечения спорта высших достижений существенное значение имеют как сроки реабилитации спортсменов после перенесенных травм и заболеваний, так и качество и процент восстановления функции поврежденных систем.

Специалисты в области спортивной медицины и реабилитации высококвалифицированных спортсменов имеют значительный опыт по формированию индивидуальных программ реабилитационных мероприятий для спортсменов, после перенесенных травм и заболеваний, однако, сегодня подобные программы разрабатываются эмпирическим путем, в связи с чем актуальна разработка объективной системы оценки качества и эффективности программ реабилитации спортсменов в условиях стационара.

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, нацпроект «Наука», а также достижения в области компьютерных технологий позволяют привлекать для реализации подобных задач высокотехнологичные решения, в т.ч. основанные на компьютерном зрении, машинном обучении и технологиях искусственного интеллекта.

Наиболее точным методом исследований локомоций человека продолжает оставаться биомеханический анализ видеоизображений движений. Первые видеорегирующие системы для изучения кинематики локомоций были разработаны в конце 70-х годов XX в. Суть регистрации состояла в том, что на тело испытуемого крепили активно отражающие маркеры, работающие в инфракрасном спектре и соединенные проводами с камерами. Светочувствительная матрица фотокамер трансформировала

зарегистрированное инфракрасное изображение маркеров в цифро-вой ряд и записывала координаты меток в оперативную память компьютера с последующим графическим построением на экране монитора траекторий движений и возможностью вычисления их различных параметров. Современные системы видеоанализа движений дают возможность получать трехмерные изображения локомоций и совмещать данные видеоанализа с анализом сигналов, полученных с других измерительных устройств, таких как силовая платформа, миограф, стабиллографическая платформа.

В клинической практике в настоящее время наиболее широко распространены технологии видеозахвата с использованием пассивных маркеров. К телу обследуемого прикрепляют световозвращающие датчики, сигналы от которых регистрируются видеокамерами; данные передаются в компьютер, где на основании конкретной компьютерной модели проводится обработка информации: движения реального объекта анимируются и формируется отчет, позволяющий проанализировать наглядно представленные угловые и линейные кинематические характеристики изучаемых движений. Получение объективной и полезной информации зависит от количества видеокамер, конструкции, числа и расположения маркеров, построения отвечающей задачам исследования модели и выбора программного пакета аналитической обработки данных.

Применяемые при биомеханической видеосъемке пассивные маркеры обычно имеют шаровидную форму, малые размеры (диаметр около 10–15 мм) и малую массу, их покрывают световозвращающим (т.е. направленно отражающим свет) материалом. Направленная подсветка маркеров осуществляется инфракрасными светодиодами, расположенными вокруг объективов камер (применение инфракрасного диапазона позволяет проводить исследование при видимом свете); свет отражается от маркеров и возвращается в объектив камеры с последующим определением координат маркеров в пространстве.

Для регистрации положения исследуемого сегмента тела в пространстве необходимо, чтобы одновременно работало несколько камер. Они должны располагаться под различными углами таким образом, чтобы объект исследования все время находился в пределах их видимости. Существуют двумерные (анализируют перемещение объекта на плоскости) и трехмерные, более востребованные системы захвата движений. Для получения трехмерных изображений минимальное число камер должно быть не менее восьми; большее число камер повышает точность исследования, но делает его более трудозатратным и дорогостоящим. Все камеры в системах видеозахвата синхронизированы, их управление осуществляется с помощью локальной компьютерной сети.

В клинической практике видеоанализ движений человека используется с целью диагностики локомоторных нарушений и мониторинга динамики восстановления двигательных функций в процессе лечения. Он позволяет изучать кинематику (пространственную организацию, или геометрию, движений и их изменения во времени без учета действующих сил), а комбинированное применение видеоанализа, тензодинамометрических платформ, электромиографии — исследовать кинетику (силовые и энергетические характеристики) движений, уровень активности различных мышечных групп, межмышечные взаимодействия и синергии двигательных актов.

Наиболее существенное влияние на качество принимаемых решений видеоанализ оказывает в восстановительной медицине (оптимизация режимов кинезотерапии, оценка результатов реабилитации пациентов с детским церебральным параличом, с последствиями инсульта, черепно-мозговой травмы), в травматологии и ортопедии (при принятии решения об оперативном вмешательстве, при апробации ортопедического оборудования), в протезировании и ортезировании (подбор протезов и средств опоры).

В зависимости от решаемых задач с помощью видеоанализа изучают ходьбу пациента, движения отдельных сегментов верхних или нижних конечностей.

Разработка системы персонифицированной оценки эффективности методов реабилитационного лечения спортсменов сборных команд России после перенесенных травм и заболеваний на основе нейросетевой обработки видеоизображений с применением технологий искусственного интеллекта позволит повысить качество и сократить сроки реабилитации спортсменов после перенесенных травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата.

5. Программа тестирования биомеханических характеристик высококвалифицированных спортсменов - членов сборных команд Российской Федерации при прохождении углубленных медицинских обследований

Программа тестирования биомеханических характеристик высококвалифицированных спортсменов - членов сборных команд Российской Федерации при прохождении углубленных медицинских обследований представляет собой краткосрочное прикладное теоретико-экспериментальное комплексное нерандомизированное исследование биомеханических характеристик спортсменов высшей квалификации.

После подписания Информационного листка пациента и формы информированного согласия спортсмены пройдут процедуры скрининга, включая физикальный осмотр, компонентный состав тела (активная клеточная масса, фазовый угол), пульсометрия (телебиометрия), оценка силовых способностей (Кон-Трекс), оценка координационных и подометрических характеристик, оценка психоэмоционального статуса. Соответствие всем критериям включения/невключения должно быть подтверждено до включения спортсменов в исследование.

Объем исследования представлен в таблице 1.

Таблица 1 **Объем исследования биомеханических характеристик спортсменов высшей квалификации**

№п/п	Направления исследований
1	Физикальный осмотр и ангулометрия
2	Исследование силовых способностей с помощью роботизированных биомеханических систем
3	Телебиометрия (пульсометрия)
4	Исследование опорно-двигательных навыков мышечно-связочного аппарата нижних конечностей с помощью цифровых биомеханических систем двойного назначения
5	Прецизионное исследование постурального контроля при помощи видеоанализа
6	Исследование композиционного состава тела
7	Психофизиологические методы

Физикальный осмотр и клиническая оценка состояния опорно-двигательного аппарата (на примере плечевого пояса и свободной верхней конечности)

Обследование спортсменов с травмами опорно двигательного аппарата или после оперативного вмешательства строится следующим образом знакомство с пациентом, представление со стороны врача и объяснение своей роли в лечебном процессе пациента, при необходимости использования стороннего персонала (медсестры, инструктора, операторы на оборудовании) происходит знакомство с ними и объяснением их роли. Возвращаясь непосредственно к классическому плану проведению первичного осмотра

пациентов с травмами или состояниями после перенесенных операций на опорно-двигательном аппарате следует выделять следующие опорные точки 1) опрос (жалобы и анамнез травмы), 2) осмотра, определения объема движения в суставах, пальпации, проведения специфических тестов, определения мышечной силы и функции конечности.

Опрос также можно разделить на несколько основных пунктов:

Ф.И.О. спортсмена, полная дата рождения, вид спорта, спортивный разряд, контактный номер телефона.

Жалобы, которые беспокоят спортсмена. Точная дата и обстоятельства при которых была получена травма. Дата проведения оперативного лечения, если таковое имело место быть.

Осмотр. Производится обнаженном состоянии пациента до нижнего белья.

Пациент принимает исходное положение стоя на двух ногах, лицом к врачу, проводящему осмотр.

Врач оценивает следующие параметры:

Поза, в которой пациенту привычно стоять. На этом этапе оценивается характеристика кожных покровов: цвет, наличие\отсутствие высыпаний, распределение подкожно-жировой клетчатки, наличие экхимозов и\или гематом, развитость мышечного компонента.

Далее переходим к более более специфичным параметрам – оценка статики. Оценка этого параметра достаточно важна, так как оценка статики является условным скринингом динамики. В ходе оценки врач обращает внимание на изменение осанки, неестественные положения конечностей относительно туловища, анталгия (вынужденное положение), вальгусное или варусное смещение в голеностопном суставе, оценка линий симметрии стояния плеч, ключиц, лопаток, таза, поясничные треугольники талии.

Далее следует просьба спортсмену, выполнить разворот на 180 градусов врач оценивает статическое положение пациента со спины: оценивается положение лопатки (элевация, депрессия, протракция, ретракция, верхнее вращение, нижнее вращение, передний или задний наклон), расстояние медиального края лопатки от остистых отростков.

Также оценивается положение плечевой кости относительно туловища, она может находиться в нейтральном положении ротации, внутренней ротации, внешней ротации (реже всего), по этим признакам можно косвенно судить о базальном тоне мышц ротаторов плечевого сустава.

Оценка динамики.

В положении стоя на двух ногах спиной к врачу пациента просят медленно согнуть в руки в плечевых

Плечо.

При осмотре важно составить общее впечатление, включая оценку походки и сравнения движений в верхних конечностях. Так, к примеру, пациенты с «замороженным плечом» будут избегать движений на наружную и внутреннюю ротацию, а также отведение руки выше горизонтальной линии. Пациенты же с разрывом ротаторной манжеты плеча и слабостью в плечевом суставе могут попросить помощи у врача при раздевании. При сравнении двух половин тела можно визуально выявить участки мышечной атрофии. Во время осмотра акромиально-ключичной области нужно искать патологические деформации, которые могут сопутствовать вывиху акромиально-ключичного сочленения с разрывом акромиально-ключичной связки. При разрыве длинной головки двуглавой мышцы плеча можно визуализировать мышечное выпячивание в дистальном отделе плеча.

Быстрый тест комбинированного движения.

Врач становится позади пациента, пациент находится в исходном положении сидя на кушетке или стоя, и просит завести его руку сначала за голову так что пальцы заведенной руки коснулись противоположной лопатки в области ости лопатки. Во время выполнения второго маневра пациент

остается в положении сидя или стоя, врач просит пациента завести руку за спину выше ягодиц и по возможности коснуться контрлатеральной лопатки, тест считается выполненным если пациент смог коснуться нижнего угла противоположной лопатки.

В случае невыполнения критериев теста: не коснулся лопатки в одном или обоих маневрах, не смог завести руку за голову и\или за спину тест признается положительным и свидетельствует о недостаточной мобильности плечевого сустава.

Оценка пассивных движений в плечевом суставе (симптом Кодмана).

Врач, проводящий тестирование, располагается позади пациента и располагает свою кисть на плече пациента так, чтобы большой палец руки фиксировал лопатку ниже ее ости, указательный палец располагается на переднем крае акромиального отростка, кнутри от верхушки клювовидного отростка. Второй своей рукой совершаем пассивные движения в плечевом суставе пациента в различных направлениях.

Врач оценивает возникающую крепитацию в плечелопаточном суставе, щелканье или ограничение движения. Далее пальпируются костные выступы и оценивается их болезненность.

Тест болезненной дуги.

Пациент в положении стоя, руки расположены вдоль туловища, врач располагается спереди от него.

Пациент отводит руку пассивно и активно из начального положения вдоль туловища.

Оцениваем боль при отведении руки в положениях 70-120 градусов, что может являться симптомом повреждения сухожилия надостной мышцы.

При сравнении активного и пассивного отведения руки нужно следить за тем пытается ли пациент избежать боли с помощью наружной ротации руки.

Симптом импиджмента Neer.

Пациент занимает положение стоя, врач находится позади пациента. Врач фиксирует лопатку пациента одной рукой, а другой толкает руку пациента вперед, вверх и медиально по отношению к лопаточной области.

При импиджмент синдроме это движение может вызывать сильную боль.

Симптом импиджмента Hawkins-Kennedy.

Пациент занимает положение стоя, либо сидя на кушетке, врач находится сбоку от пациента. Врач фиксирует лопатку пациента одной рукой, а другой приводит согнутую в локте до 90 градусов руку пациента и ротирует ее внутрь, двигая к противоположной стороне туловища.

Исследование силовых способностей с помощью роботизированных биомеханических систем (Con-Trex)

РБК (Роботизированный биомеханический комплекс) Con-Trex состоит из 3-х модулей:

модуль MJ - для работы с основными суставами верхних и нижних конечностей, который включает в себя адаптер TP для разгибания/сгибания туловища;

модуль WS – для моделирования различных схем движений

модуль LP - линейный модуль для жима ногами

Модуль «Multi Joint» имеет достаточно обширный спектр применения, благодаря широкому выбору всевозможных адаптеров. Этот модуль используется как для диагностики, реабилитации и тренировки верхних конечностей и плечевого пояса, так и для диагностики, реабилитации и тренировки мышц нижних конечностей и тазового пояса. С помощью применения адаптера TP на модуле MJ появляется возможность диагностики силовых показателей основных агонистов мышц бедра. Наиболее часто модуль MJ применяется в диагностике и реабилитации нижних конечностей, в частности коленного сустава.

Изокинетическое баллистическое тестирование силы мышц нижних конечностей.

Изокинетическая динамометрия является золотым стандартом в оценке мышечной силы. Это адекватная система для оценки и диагностики в области биомеханики. Измерение мышечной силы позволяет оценивать и сравнивать здоровых и больных людей, устанавливать цели для восстановления и реабилитации, а также контролировать количественные показатели, течение заболевания и реакцию на осуществляемое лечение. Чтобы измерить движения человека динамически или статически, их необходимо каким-либо образом ограничить. Это можно сделать, ограничив и, соответственно, задав скорость (v) или нагрузку (на графиках иллюстрируется на основании крутящего момента). Всевозможные типы движений можно разделить по системным ограничениям на следующие четыре категории:

Свободные движения;

Движения с ограничением скорости;

Движения с заданной скоростью;

Движения с заданной нагрузкой.

Протокол и порядок выполнения диагностических процедур.

Коленный сустав: разгибание/сгибание, в положении сидя.

Ось вращения проходит перпендикулярно к бедренным мышечкам. При соединении оси вращения и оси тренажера точка отсчета расположена на ширину одного пальца выше суставной щели, а вертикальная ось над головкой малоберцовой кости.

Адаптеры для проведения тестирования представлены на рисунке 1.

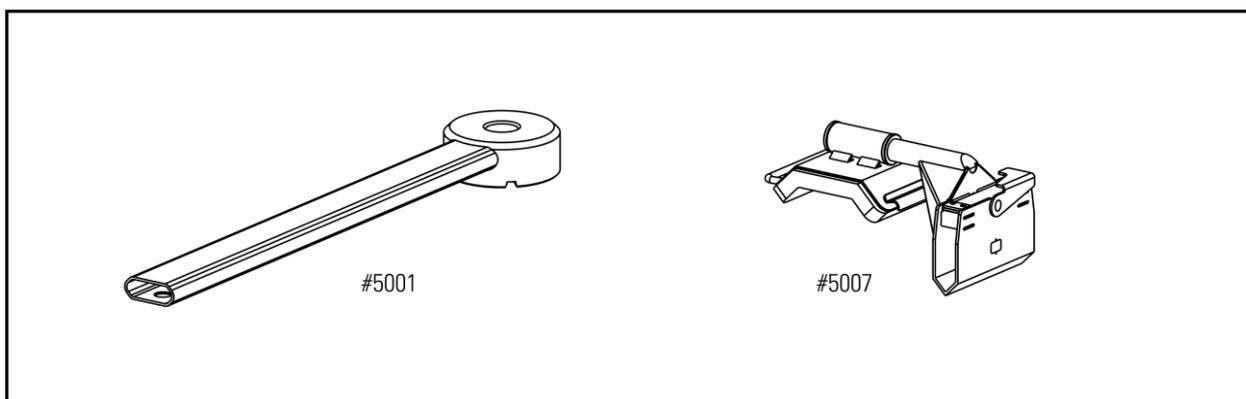


Рисунок 1. Адаптеры для тестирования коленного сустава

Положение тела

Усаживается пациент. Регулируется длина спинки и стула так, чтобы бедра лежали на стуле, а спинка плотно прилегала к сиденью.

Устанавливается поясничная подушка в удобное положение.

Динамометр совмещается с осью вращения сустава. Устанавливаются фиксаторы при помощи ремня-липучки и отдельного валика (рис. 2) или при помощи коленного валика и бедренного адаптора (рис. 3).

Застегиваются и фиксируются ремни безопасности.

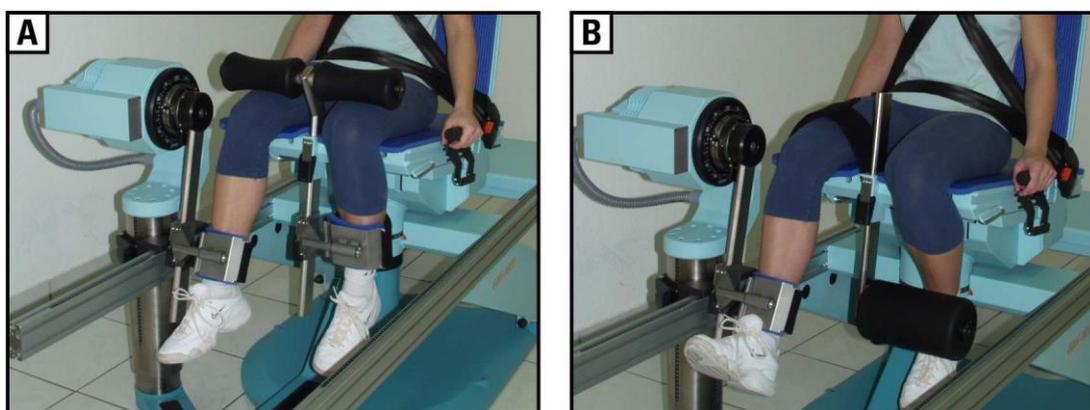


Рисунок 2-3 Фиксаторы и адаптеры для коленного сустава

Установка.

Спинка кушетки расположена под углом 85° .

Динамометр фиксируется со стороны тестируемой конечности.

Подсоединяя базовый адаптор в динамометру, надо убедиться, что фиксаторы (параллельные линии) базового адаптора направлены на черный рычаг запора (U-образный).

Присоединяется коленный адаптор (черная стрелка) к длинному базовому адаптору.

Плечевой сустав: вращение внутрь/наружу, угол отведения 45° , положение сидя.

Ось вращения проходит через продольную ось плечевой кости. При

соединении оси вращения и оси тренажера, ось тренажера проходит вверх от локтевого отростка в направлении полости плечевого сустава.

Адаптеры для диагностики и тренировки верхних конечностей представлены на рисунке 4.

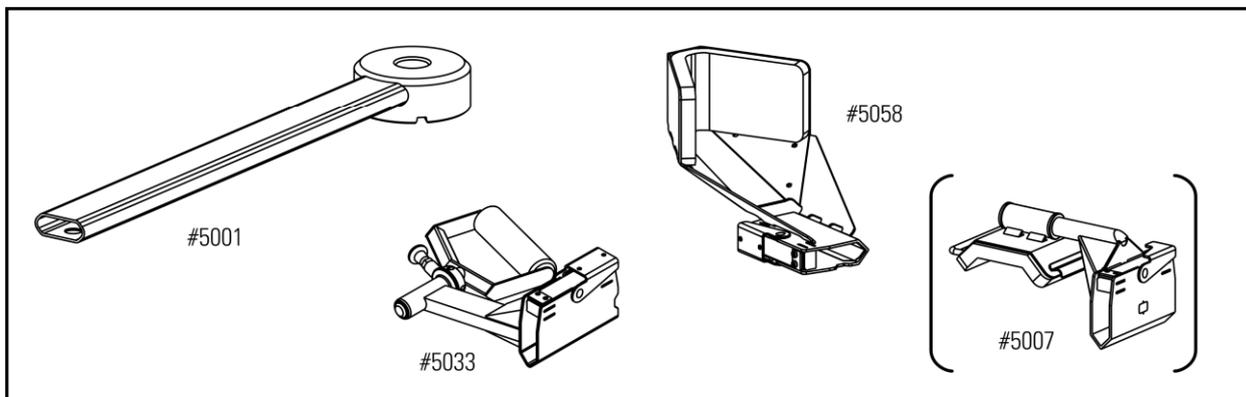


Рисунок 4. Адаптеры для верхних конечностей

Положение тела.

Усаживается пациент. Голова наклоняется в направлении линии плеча.

Локтевой сустав помогает осуществлять вращение в плечевом суставе.

Пациенту необходимо взяться за рукоять в исходном положении и отрегулировать длину адаптора так, чтобы положение динамометра совпадало с осью вращения сустава. Локоть согнут под углом 90° и рука отведена 45° . Длинный базовый адаптор параллелен предплечью.

Ремни безопасности застегиваются и фиксируются.

Также может использоваться коленный адаптор.

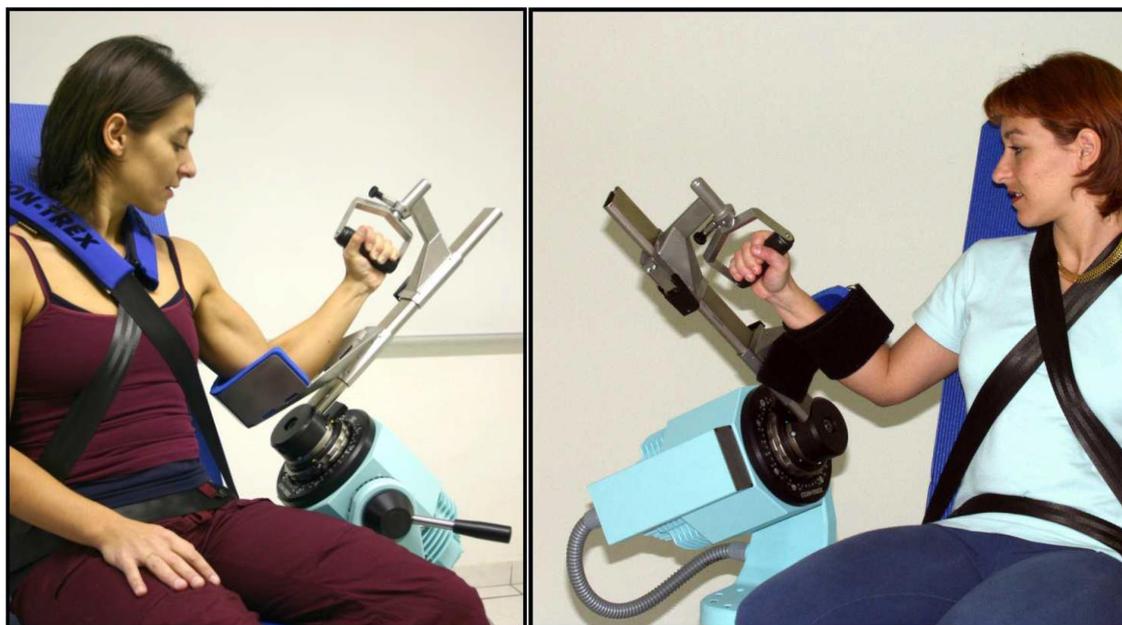


Рисунок 5-6. Положение конечности при тестировании

Установка.

Кушетка располагается под углом 35° к тестируемой стороне тела. Спинка кушетки под углом 85° .

Динамометр фиксируется со стороны тестируемой конечности (подъем фиксируется на направляющей только после того, как определите ось вращения).

Подсоединяя базовый адаптор в динамометру, надо убедиться, что фиксаторы (параллельные линии) базового адаптора направлены на черный рычаг запора (U-образный). Сначала подсоединяется поддержка вращения плечевого сустава, затем плечевой адаптор (черная стрелка) к длинному базовому адаптору.

Модуль TP (для торса)

Подключение к динамометру.

Нужно настроить абсолютный нуль (динамометр не должен быть подключен к модулю TP при настройке). Общий вид модуля представлен на рисунке 7.

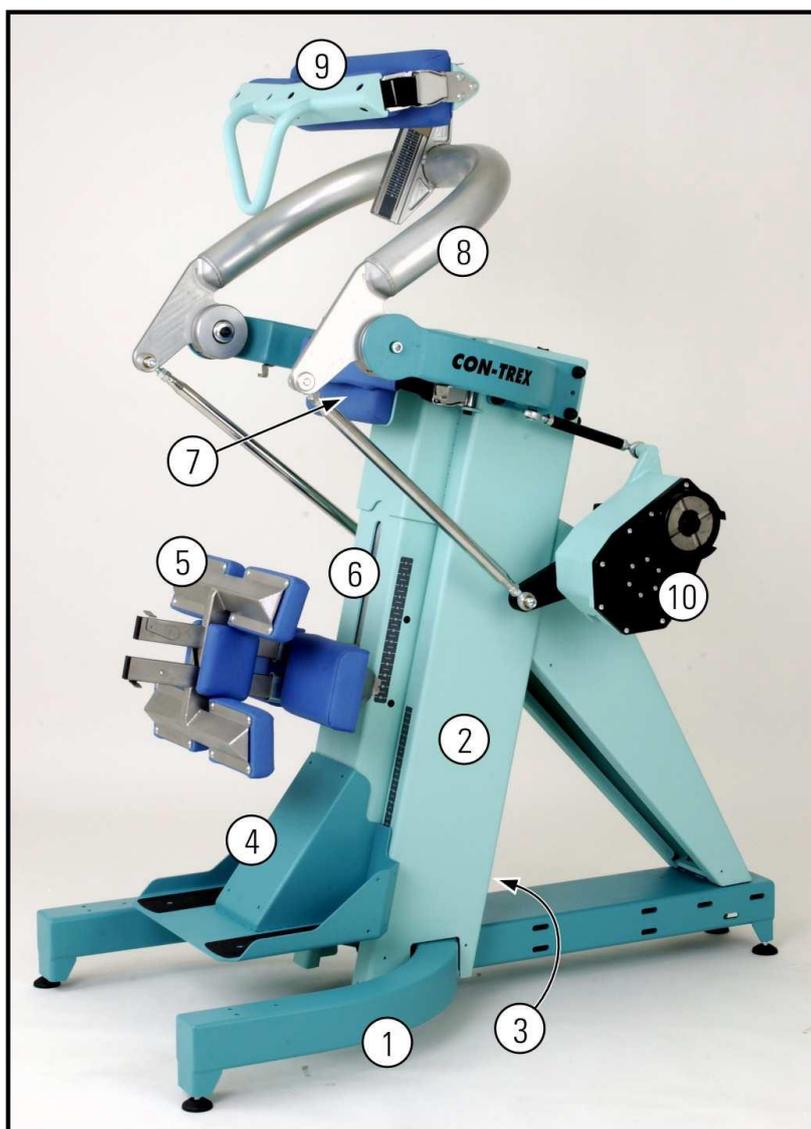


Рисунок 7. Модуль ТР для торса

Устанавливается черный рычаг динамометра в положение 6 часов.

Устанавливаются оба ограничителя амплитуды RoM в верхнее положение, как показано на рисунке

Модуль ТР устанавливается на пол (нажатием на красную педаль)

Высота динамометра регулируется для удобного подключения



Рисунок 8. Динамометр модулей TP и MJ

Подключается и фиксируется динамометр к редуктору.

Оба ограничителя амплитуды устанавливаются в максимально возможное открытое положение.

Настраивается анатомический нуль и амплитуда движений RoM (рис 9-10)

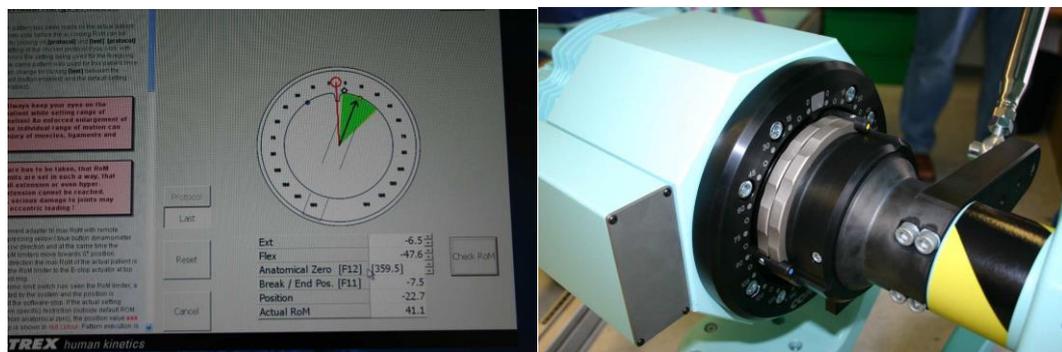


Рисунок 9-10. Положение мотора и интерфейс старта модулей.

Снятие фиксаторов с пациента после испытания, тестирования или тренировки:

Мы настоятельно рекомендуем следующий порядок, в котором от пациента после тестирования отсоединяются фиксирующие приспособления - этот порядок призван предотвратить опасность падения:

освободите подушку для бедер и подушку для голени;

отстегните тазовый фиксирующий пояс;

снимите подушку для грудной клетки.

Тест торс: разгибание/сгибание

Ось вращения расположена на уровне позвонков L5/S1. Горизонтальная ось расположена приблизительно на 3,5 см ниже пересечения гребня позвоношной кости с позвонками L5/S1. Вертикальная ось расположена на пересечении средней подмышечной линии и позвонков L5/S1. Амплитуда движения может варьироваться от 90° при сгибании до 15° при сгибании из исходного положения. (рис 11)

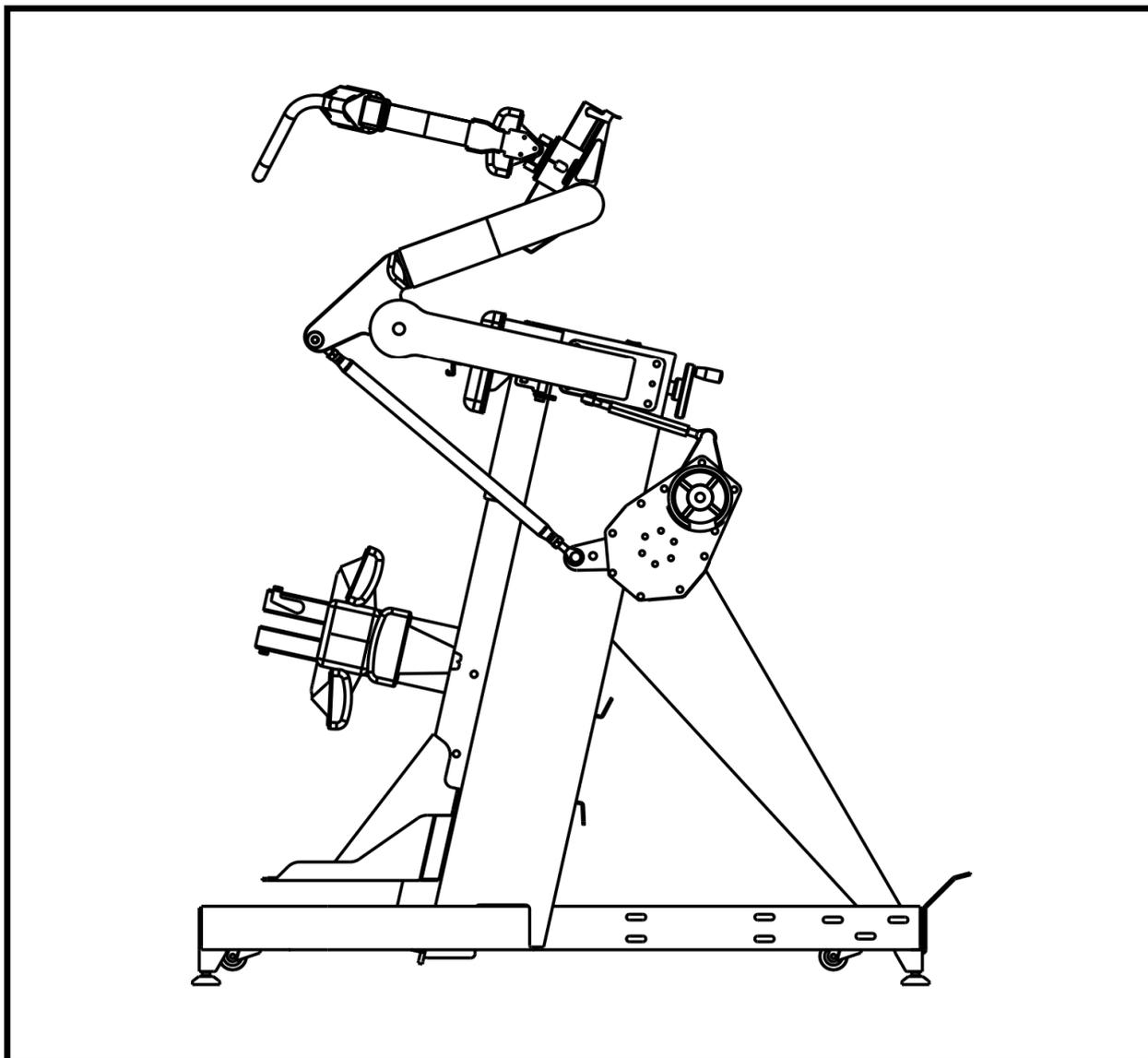


Рисунок 11. Положение всех звеньев модуля при готовности к тестированию

Положение тела

Входное плечо блока CON-TREX TP полностью выпрямляется. Ноги пациента помещаются на платформу, пятки пациента расположены на одном уровне с выемками для ног в платформе.

Положение пациента регулируется по высоте при помощи регулятора платформы так, чтобы резиновый указатель регулировки находился на 3,5 см ниже подвздошного гребня. (ось вращения)

Ремень-фиксатор таза застегивается, не затягивая, над верхними передними осями.

Подколенные валики устанавливаются под коленными чашками.

Бедренные валики затягиваются на бедрах, а валик голени чуть ниже коленной чашки.

Горизонтальное положение пациента регулируется при помощи колеса регулировки так, чтобы резиновый указатель регулировки находился на пересечении среднеподмышечной линии и позвонков L5/S1.

Нужно отрегулировать по высоте лопаточные валики.

Фиксирующий грудной валик придерживается, до тех пор пока пациент не зафиксирует его.

Установка.

Динамометр устанавливается рядом с блоком питания. Блок питания подсоединяется к динамометру.

Чтобы черный рычаг запора динамометра установить в выемку в редукторе TP-адаптора нужно пододвинуть грудную/плечевую планку вперед-назад. Затем прижать бедром динамометр к редуктору и полностью завинтить шуруп при помощи трех-звездчатой отвертки на задней поверхности редуктора.

Исследование опорно-двигательных навыков мышечно-связочного аппарата нижних конечностей с помощью цифровых биомеханических систем двойного назначения (Кобс)

Оценка опорно-двигательных навыков проводилась по следующим показателям:

- распределение нагрузки тела – рассчитывается в процентном соотношении правой и левой стороны относительно срединной линии тела.
- индекс координации – показатель согласованности мышечной работы
- индекс симметрии

В согласованности двигательных актов участвует целый ряд сложных механизмов: вестибулярный аппарат, зрительный анализатор, многочисленные мышечные группы, рецепторы сухожилия и связочный аппарат суставов. Среди основных механизмов можно выделить механизмы мышечного тонуса и проприоцептивные рефлексы. Применение биологической обратной связи позволяет наладить правильность работы этих механизмов при их нарушении.

Специалистами ЦСМиР для персонифицированной оценки эффективности методов реабилитационного лечения спортсменов сборных команд России после перенесенных травм и заболеваний была разработана методика использования многофункциональной тензометрической платформы с биологически обратной связью. Применение этой методики позволяет эффективнее проводить реабилитационные мероприятия, повышать общую и специальную работоспособность, включает в себя первичную и вторичную профилактику развития патологических процессов, связанных со специфичностью нагрузки у спортсменов.

Циклограмма проведения диагностических тестов

1. Диагностика и коррекция мышечной координации опорно-двигательного аппарата нижних конечностей проводилась на тензометрической силовой платформе КОБС с помощью компьютерного обеспечения (рис.15).



Рисунок 15- Тензометрическая силовая платформа КОБС

2. Диагностические тесты проводятся без биологической обратной связи до начала и по завершению восстановительных мероприятий.

3. В программе заводится карточка спортсмена с личными данными.

4. Специалист проводит инструктаж спортсмена по техническому выполнению каждого теста.

5. Проводятся следующие тесты: «Обычное положение», «Присед в 3-х углах», «Стойка на одной ноге».

5.1. Тест «Обычное положение» проводится в течение 10 секунд. Спортсмен стоит на платформе, руки опущены вдоль корпуса, ноги на ширине таза, стопы параллельны друг другу.

5.2. Тест «Присед в 3-х углах» проводится в течение 30 секунд. Исходное положение стоя на двух ногах. Первый угол сгибания в коленях 45 градусов, задержка в этом положении на 8 секунд, затем возвращение в исходное положение. Последующие углы сгибания 90 градусов и 120 градусов с 8 секундным удержанием угла сгибания и возвращением в исходное положение между приседами.

5.3. Тест «Стойка на одной ноге», спортсмен максимально удерживает положение, стоя на мыске одной ноги без помощи рук.

6. По полученным результатам составляется заключение.

7. При наличии отклонений от нормативных значений (табл. 2) проводится коррекционная программа.

Таблица 2 - Степени снижения координационной способности по периодам восстановления

		Тесты
--	--	--------------

Степень снижения	Сроки после травмы	«обычное положение»	«присед в трех углах»	«стойка на одной ноге»
3 степень	1-2 месяца	0,60-0,69	0,65-0,74	0,50-0,64
2 степень	3-4 месяца	0,70-0,79	0,75-0,79	0,65-0,75
1 степень	5-6 месяцев	0,80-0,88	0,80-0,88	0,75-0,88

Циклограмма проведения тренировочной программы

1. Коррекция мышечной координации опорно-двигательного аппарата нижних конечностей проводилась на тензометрической силовой платформе КОБС с помощью компьютерного обеспечения (рис.15).

2. По результатам проведенной диагностики составлялась программа коррекции, состоящая из 3-5 протоколов. Шаблоны протоколов заложены в программе.

2.1. В шаблон протокола вносятся индивидуальные данные:

- ФИО спортсмена,
- вес,
- продолжительность данного упражнения по времени,
- количество повторов,
- сложность упражнения (по диапазону линии).

3. Проводится инструктаж спортсмена по технике выполнения движений.

4. Спортсмен встает на силовую платформу.

5. После освоения технической составляющей упражнения, включается тренировочная программа. Во время проведения тренировки врач наблюдает за правильностью выполнения движений.

5.1. Тренировочная программа на первых занятиях включает в себя протоколы с биологической обратной связью.

5.2. При выполнении движений спортсмену необходимо контролировать и анализировать свои действия (что он чувствует при выполнении движений,

есть ли разница между работой правой и левой стороны, работают ли мышцы симметрично, есть ли разница по силовой работе мышц).

5.3. По мере снижения ошибок выполняемых движений, необходимо переводить двигательные акты в автономный режим. Для этого спортсмена необходимо отвлекать от контроля движений: разговаривать с ним, включать дополнительные движения работы верхних конечностей, отключать биологическую обратную связь.

Виды тренировочных протоколов

1. «**Баланс**»- задачей этого упражнения является сбалансированное распределение нагрузки тела в статическом положении. Выполняется в строго вертикальном положении. Спортсмену необходимо удерживать вертикальное положение с равномерным распределением веса тела. Крестиками обозначено давление правой ноги на синей линии и давление левой ноги на красной линии (рис.16).



Рисунок 16 - Графический вид тренировки «Баланс»

2.«**Сгибание колена**» - способствует восстановлению силовой и координационной способности мышц нижних конечностей. Этот вид тренировки можно использовать с удержанием положения в определенном угле сгибания колена или выполнение полного приседа в медленно-среднем темпе.

3.«**Нагрузка слева/справа**» - используется при восстановлении силы и координации с одной стороны, чаще на ранних сроках реабилитации. Исходное положение тренирующегося строго вертикальное, стопы параллельны друг

другу на ширине таза. Исходное положение - это распределение нагрузки веса 50/50% с последующим повышением нагрузки на одну ногу до 100% (рис.17-18).

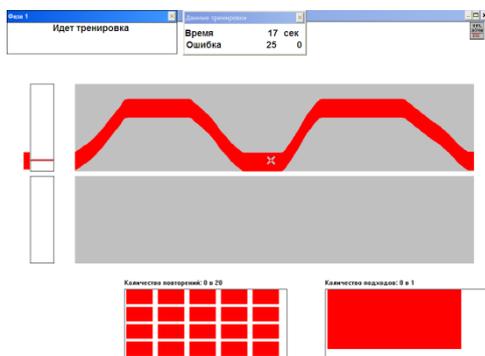


Рисунок 17 - Графический вид тренировки по типу «трапеция»

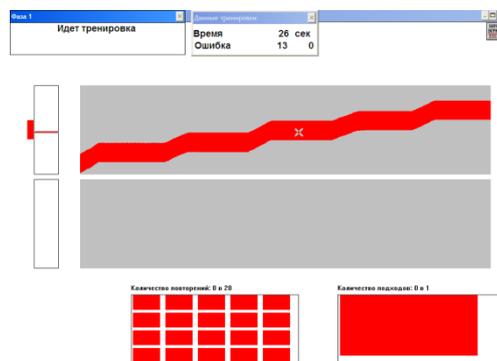


Рисунок 18 - Графический вид тренировки по типу «ступени»

4. **Игровые протоколы** представлены играми «Ballon» и «Memory» (рис.19-20). Данный вид тренировки позволяет повысить психо-эмоциональную сферу спортсмена и закрепить навык от выше проведенных тренировок.

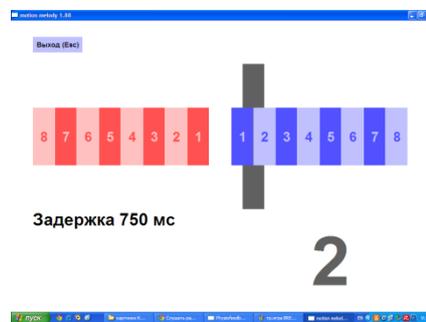


Рисунок 19-20 - Интерфейс тренировочных игр

7. Динамика восстановительного процесса отслеживается цифровыми и графическими значениями. Врач, основываясь на полученных результатах, проводит сравнительный анализ и при необходимости вносит коррективы в следующую тренировку.

8. Для получения стойкого эффекта необходимо провести не менее 8 процедур.

9. Общее время проведения занятия - 10 - 20 минут.

10..За время проведения одной тренировки рекомендуется включить от 2 до 5 тренировочных упражнений и 1-3 упражнения игрового типа в конце занятия.

Прецизионное исследование постурального контроля при помощи видеоанализа

Система BTS GEMINI посредством двух независимых видеосистем собирает изображения пассивных маркеров, локализованных на теле исследуемого. Маркеры облучаются инфракрасным излучением. Информация с камер передается на компьютер, где обрабатывается программным обеспечением, а затем обработанные результаты оцениваются врачом центра и выдается заключение.

Система используется для:

- расширения процесса диагностики
- мониторинга динамики состояния здоровья
- изучения движений человека, когда анализу движения или осанке уделяется особое внимание.

Специалистами центра разработаны специальные протоколы для оценки осанки, физиологических изгибов позвоночника, наличия ограничения движения при наклонных туловища в стороны и назад, что позволяет выявить признаки возможных серьезных заболеваний позвоночника, таких как спино-мозговые грыжи на доклиническом этапе. Можно оценить как состояние всего позвоночного столба, так и различных отделов позвоночника. На системе также возможны оценка стабилотрии, устойчивости, постурального анализа, причем возможно определение последнего показателя с различными тестами (открытые глаза, закрытые глаза, нагрузка весом и т.д), что дает возможность выявить мозжечковые нарушения.

Психофизиологические методы

Двуручная координация (2HAND)

Данный тест служит для измерения и оценки скорости и точности координации мелких, компактных движений двух рук, глаз и рук, путем управления движения точки по заданной на экране траектории, двумя джостиками. А так же данный тест оценивает способность испытуемого контролировать свои движения. Применяется при диагностике функциональных возможностей, сенсомоторных навыков в спортивной психологии и других отраслях науки.

Юнг (Jung, 1976) называет координацию между определенной входящей сенсорной информацией, а моторным ответом на нее – сенсомоторикой, особенно подчеркивая тесное, основывающихся на процессах обратной связи переплетение сенсорных и моторных инстанций. Сенсомоторикой называют взаимодействие систем органов чувств с моторными системами. Восприятие стимула органом чувств и моторное поведение напрямую связаны друг с другом, эти процессы протекают параллельно. По Уелфорду (Welford, 1968) любая сенсомоторная деятельность включает в себя когнитивные аспекты (например, представление цели, оценки и т.д.), т.к. в противном случае она осуществлялась бы рефлекторным образом.

Ход тестирования/ инструкция испытуемому:

Испытуемый садится в кресло, перед ним расположена компьютеризированная система психологического тестирования и тренинга SCHUNFRIED.

В данном тесте измеряется Ваша скорость и точность координации двух рук, а так же глаз и рук. Будьте внимательны!

Двумя руками беремся за джостики, они отвечают за движение точки изображенной на экране, правый двигается вверх/вниз, а левый - вправо/влево. Красную точку передвигаем в исходное положение (А), далее появляется дорожка и точка цели (В). Вы должны передвигать точку по этой дорожке из А в В, при этом любое отклонение от траектории сопровождается звуковой обратной связью. По достижении точки цели весь процесс повторяется во втором пробном проходе (рис.23)

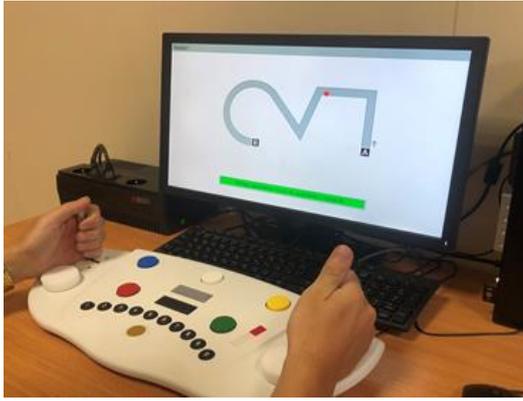


Рисунок 23 – Интерфейс теста двуручная координация

После второго пробного прохода даётся инструкция о предстоящей фазе тестирования. Она запускается так же, нажатием на зеленую кнопку на клавиатуре испытуемого.

Требуется как можно быстрее пройти путь от исходной до конечной точки. Каждое покидание дорожки засчитывается как ошибка. При проходе дорожки замеряются скорость и точность.

Подсчет результатов:

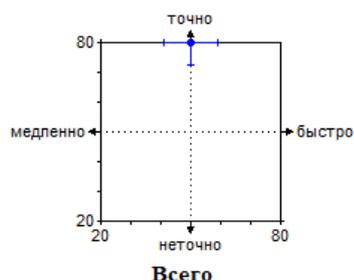
Две основные переменные, по которым ведутся подсчеты результатов это - `Средняя продолжительность Общая` и `Процент продолжительности ошибки Общий` (рис. 24)

Профиль - Репрезентативная нормативная выборка:



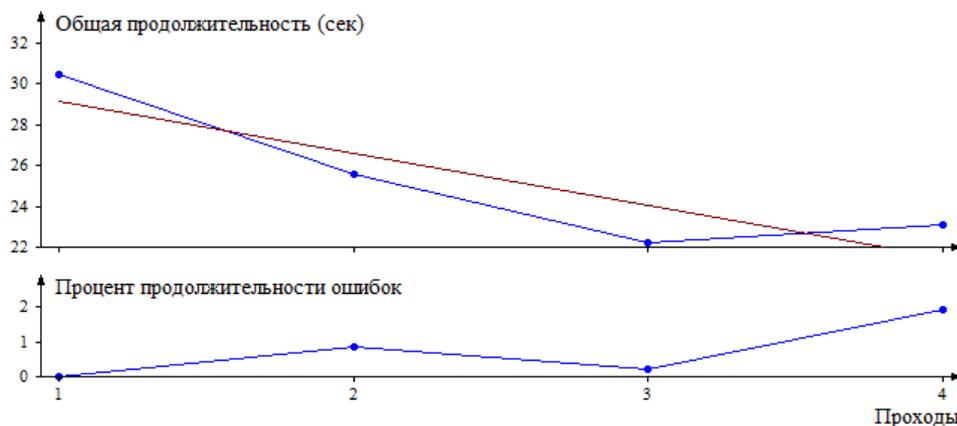
Примечание(-я): Выделенный отрезок представляет собой область обычных средних результатов шкалы нормативных значений.

Быстрота/точность - Репрезентативная нормативная выборка:



Примечание(-я): Позиция испытуемого определяется через T-показатели тестовых переменных 'Средняя продолжительность Общая' против 'Процент продолжительности ошибки Общий'.

График хода сеансов:



Двуручная координация (2HAND)

Форма тестирования S2 - Джойстик; Скрининг (4 прохода)

Проведение теста: 22.07.2020 - 08:42...08:46, Продолжительность: 4 мин

Результаты теста - Репрезентативная нормативная выборка:

Тестовая переменная	Сырое значение ¹	PR	T
Общие результаты			
Средняя продолжительность Общая	25.33	50 (18-82)	50 (41-59)
Средняя продолжительность ошибок Общая	0.18	100 (96-100)	80 (68-80)
Процент продолжительности ошибки Общий	0.70 %	100 (99-100)	80 (73-80)
Дополнительные результаты			
Осложнение координации	2.48		

Примечание(-я): Процентиль (PR) и T-Показатель (T) получаются путем сравнения с выборкой 'Репрезентативная нормативная выборка'. Указанные в скобках после соответствующих нормативных значений доверительные интервалы имеют 5%-ную вероятность ошибки.

¹Все указания времени в секундах

Описание главных переменных:

Средняя продолжительность, общая

Переменная *Средняя продолжительность, общая* является мерой скорости движения и определяет, таким образом, уровень результативности. Хорошие результаты выражают способность испытуемого быстрее обычного переводить информацию о местоположении точки (например, в середине дорожки, вблизи, на или за пределами границ дорожки) в соотношении к свойствам траектории (простая/сложная) в соответствующие мелкомоторные действия.

Процент продолжительности ошибок, общий / Средняя продолжительность ошибок, общая

Переменные *Процент продолжительности ошибок, общий* и *Средняя продолжительность ошибок, общая* являются мерой определения качества результатов. Хорошие результаты свидетельствует о том, что у испытуемого очень хорошо получается переводить минимальные отклонения от заданной траектории в соответствующие компенсационные движения. Для этого нужно постоянно собирать информацию о текущем положении точки по отношению к траектории. По этой причине данная мера наряду с точностью мелкомоторных действий включает в себя точность обработки информации.

Прогнозирование времени и движения (ПВД)(ZBA)

Данный тест служит для определения способностей к прогнозированию (предугадыванию) времени и движения объектов в пространстве.

Исследования определения собственной скорости показали, что оценка скорости иногда сильно отличается от реальной скорости (Энгельс, 1981, Эванс, 1970, Мозер, 1979, Сальваторе, 1969). Исследования Маруямы и Китамуры (1961, 1965), а также Нагаямы, Мориты, Миуры (1980) так же показали большие различия в способностях оценки скорости и расстояния. Во

многих современных сферах деятельности ориентация в пространстве и во времени имеет большое практическое значение. Важным компонентом такой ориентации является способность адекватно оценивать скорости и расстояния.

Общая длительность этого теста относительно невелика, причём задания сформулированы так, что для их выполнения требуются только базовые когнитивные функции. Таким образом, как правило, превышение уровня индивидуальной работоспособности отсутствует. Не следует ожидать возникновения проблем у людей, не имеющих опыта работы с компьютером. В зависимости от формы тестирования продолжительность тестирования составляет от 5 до 25 минут (включая этапы инструктажа и тренировки).

Ход тестирования/инструкция испытуемому:

Испытуемый садится в кресло, перед ним расположена компьютеризированная система психологического тестирования и тренинга SCHUNFRIED.

В данном тесте Вам нужно будет как можно точнее оценивать движения с точки зрения пространства и времени. Будьте внимательны!

Вначале Вам будут представлены 5 пробных вариантов, далее последует 12 основных заданий (рис.25).

Ваша задача заключается в том, чтобы следить за шаром, который движется по экрану. На определенном месте шар исчезнет, и появятся две красные линии. Когда, по Вашему мнению, шар достигнет второй красной линии, нажмите черную кнопку. Начали!

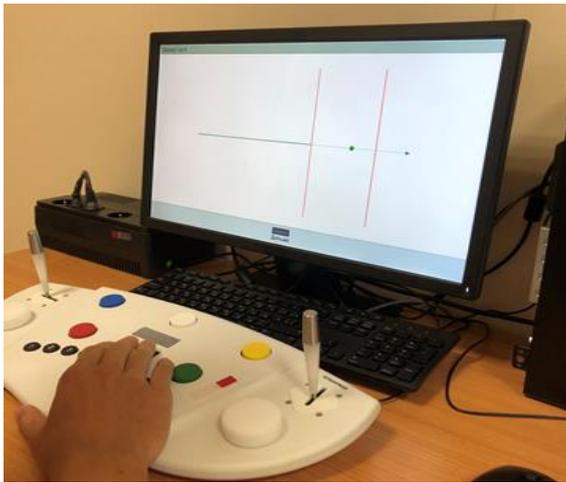


Рисунок 25 – Интерфейс теста ZBA

Далее появилась стрелочка, которой нужно указать место, где шарик должен был бы появиться. Снова нажимаем на черную кнопку и, на этапе инструктажа, появляется указание места и дальнейшей траектории точки, на которой она в действительности находилась в момент нажатия клавиши (рис. 26)



Рисунок 26 – Рабочий момент теста

После пяти пробных заданий начинается сам тест. Тест идентичен этапу инструктажа, однако обратная связь отсутствует.

Результаты:

Две основные переменные, по которым ведутся подсчеты результатов `Медиана времени отклонения` и `Медиана отклонения направления` (рис. 27).

Результаты теста - Репрезентативная нормативная выборка (Уровень образования 4-5):

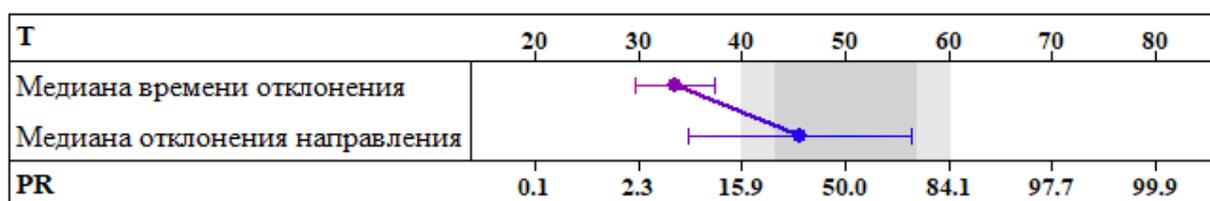
Тестовая переменная	Сырое значение	PR	T
Антиципация времени			
Медиана времени отклонения	3.11 ¹	5 (2-12)	34 (30-38)
Антиципация движения			
Медиана отклонения направления	78 ²	33 (7-76)	46 (35-57)

Примечание(-я): Перцентиль (PR) и T-Показатель (T) получаются путем сравнения с одной частью (выбор согласно Уровню образования) выборки 'Репрезентативная нормативная выборка'. Указанные в скобках после соответствующих нормативных значений доверительные интервалы имеют 5%-ную вероятность ошибки.

¹Отклонение в секундах

²Отклонение в пикселях

Профиль - Репрезентативная нормативная выборка (Уровень образования 4-5):



Примечание(-я): Выделенный отрезок представляет собой область обычных средних результатов шкалы нормативных значений.

График хода сеансов:

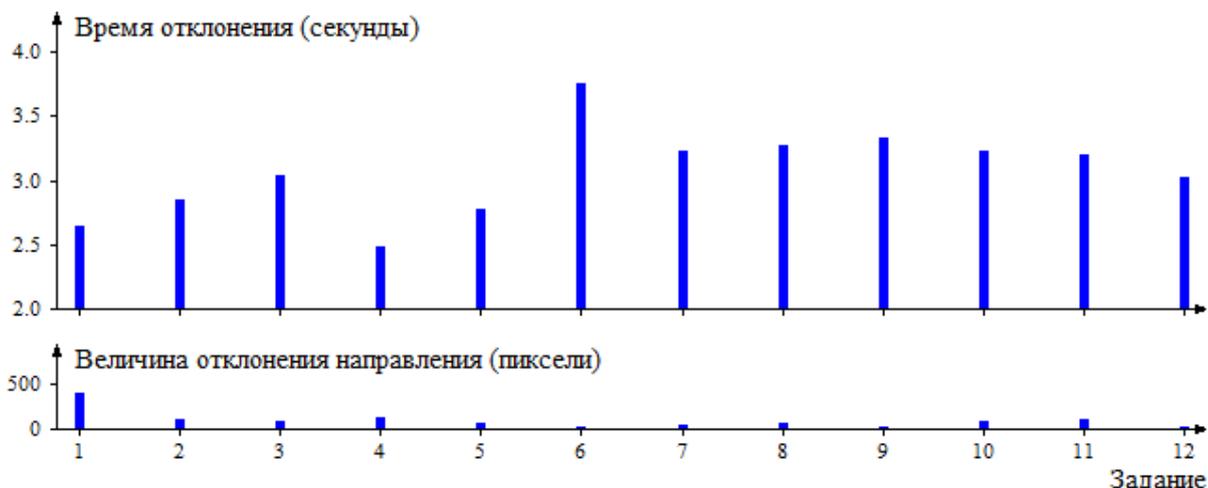


Рисунок 27 - Визуализация результата по тесту ZBA

На примере данного испытуемого мы можем сказать, что он реагировал слишком рано, а значит, он недооценивает скорость движения шара.

Описание главных переменных:

Медиана времени отклонения, общая

Медиана отклонений в каждом задании между предсказанным моментом времени, в который шарик должен пересечь вторую линию, и моментом, когда он действительно её пересек.

На основании этой переменной можно сделать заключение о способности прогнозирования времени. Лица с высоким результатом этой переменной могут очень хорошо оценивать время, необходимое для перемещения предмета в пространстве.

Медиана отклонения направления, общая

Медиана отклонений в каждом задании между предсказанной точкой, в которой шарик должен пересечь вторую линию, и точкой, в которой он действительно её пересёк.

На основании этой переменной можно сделать заключение о способности прогнозирования перемещения. Лица с высоким результатом этой переменной могут очень хорошо оценивать направление перемещения предмета в пространстве.

6. Нормативные значения силовых характеристик мышечно-связочного аппарата у высококвалифицированных спортсменов.

Максимальная сила - показатель максимального мышечного усилия, который спортсмен смог развить в ходе тестирования на различных угловых скоростях. Результаты общих расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - значения максимальной силы, достигаемой спортсменами при различных движениях

№ подхода	Сторона/движение	Женщины	Мужчины
1	Правая Разгибание 60	109,58±35,19	155.65±49.55
2	Правая Разгибание 120	97,33±28,74	140.61±39.46
3	Правая Разгибание 180	84,18±24,55	121.38±30.24
4	Правая Разгибание 30	107,28±28,13	148.4±38.33
1	Правая Сгибания 60	70,61±18,59	103.21±31.23
2	Правая Сгибания 120	59,85±16,81	90.72±23.78
3	Правая Сгибания 180	51,97±15,04	75.36±18.87
4	Правая Сгибания 30	67,65±18	84.54±25.09

1	Левая Разгибание 60	106,58±40,01	164.67±46.79
2	Левая Разгибание 120	94,02±30,91	144.98±37.49
3	Левая Разгибание 180	80,14±28,61	127.88±29.49
4	Левая Разгибание 30	105,43±30,53	145.28±32.89
1	Левая Сгибания 60	65,58±19,54	108±20.8
2	Левая Сгибания 120	57,54±16,4	88.9±17.49
3	Левая Сгибания 180	49,73±14,3	77.76±17.49
4	Левая Сгибания 30	65,74±20,14	85.35±23.46

ПОКАЗАТЕЛЬ СРЕДНЕЙ СИЛЫ В ДВИЖЕНИИ СГИБАНИЕ/РАЗГИБАНИЕ В КОЛЕННОМ СУСТАВЕ

Средняя сила – усредненные значения силы, зарегистрированные в ходе одного диагностического подхода. По данным показателя средней силы рассчитывается отношение средней силы к показателю максимальной силы в процентах и эти значения свидетельствует о выносливости и работоспособности спортсмена (таб. 2).

Таблица 2 - Значения средней силы, достигаемой спортсменами разных полов при различных движениях

№ подхода	Сторона/ движение	Женщины	Мужчины
1	Правая Разгибание 60	95,38±30,41	138.16±45.46
2	Правая Разгибание 120	84,9±25,84	124.26±36.42
3	Правая Разгибание 180	71,72±20,93	106.63±26.58
4	Правая Разгибание 30	94,53±25,65	131.58±31.33
1	Правая Сгибания 60	60,23±15,78	90.6±27.85
2	Правая Сгибания 120	51,79±14,75	78.88±21.65
3	Правая Сгибания 180	43,99±12,57	64.57±15.71
4	Правая Сгибания 30	56,05±16,16	72.18±19.96
1	Левая Разгибание 60	90,9±32,98	143.54±41.55
2	Левая Разгибание 120	82,01±27,63	127.18±33.36
3	Левая Разгибание 180	67,47±24,3	110.99±27.43
4	Левая Разгибание 30	91,56±26,14	129.26±31.02
1	Левая Сгибания 60	55,88±17,01	92.34±18.6

2	Левая Сгибания 120	49,24±14,63	75.76±17.13
3	Левая Сгибания 180	41,8±11,9	64.97±15.81
4	Левая Сгибания 30	54,88±18,94	70.88±23.25

Расчеты показывают, что максимальная и средняя сила понижаются при увеличении максимальной угловой скорости у обоих полов. Это может быть связано с накоплением усталости, уменьшением мотивации спортсмена. Единственная выпадающая точка из этой закономерности – значения при угловой скорости 30°. Это связано с методикой проведения измерений: тестирование на этой угловой скорости проводится в последнюю очередь. Однако все равно видно более высокое значение показателя по сравнению с результатами при максимальной угловой скорости 120° и 180° (рис. 1-3).

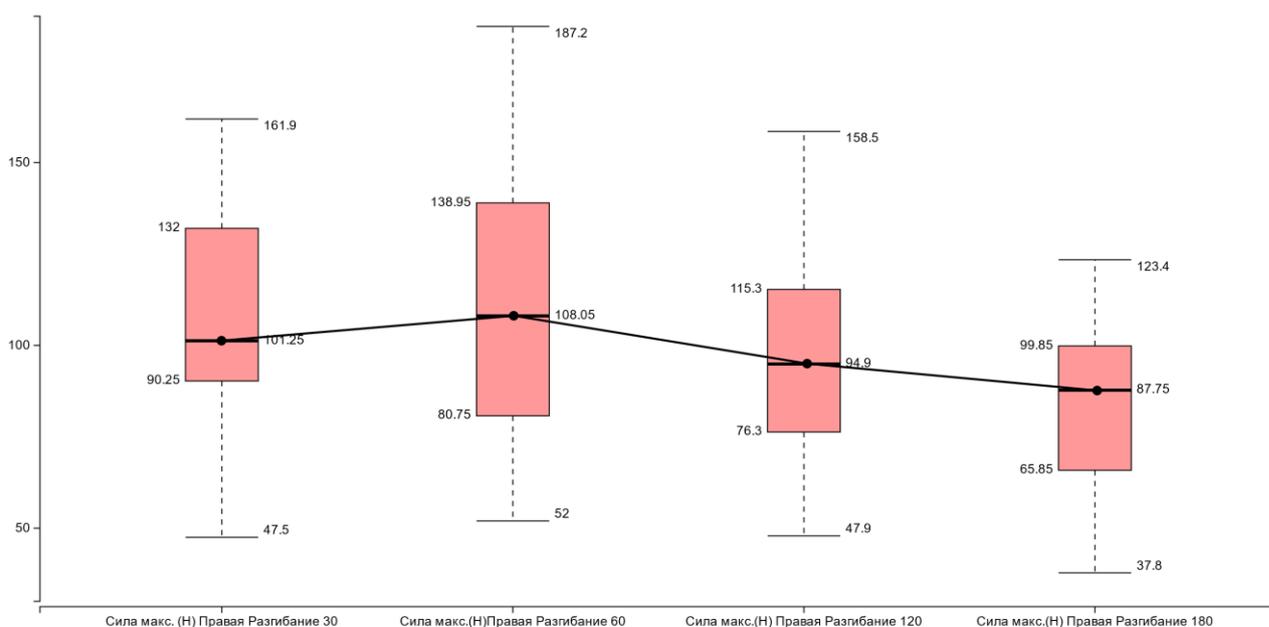


Рисунок 1 - Значения максимальной силы разгибания в зависимости от угловой скорости (женщины)

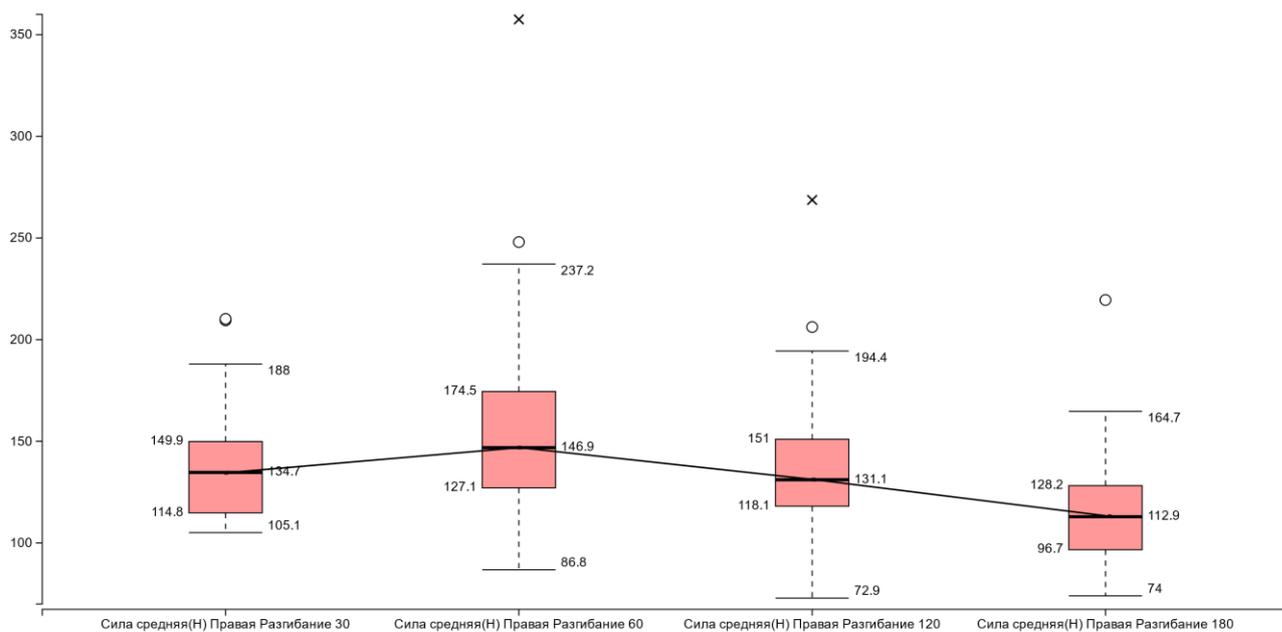


Рисунок 2 - Значения средней силы разгибания в зависимости от угловой скорости (женщины)

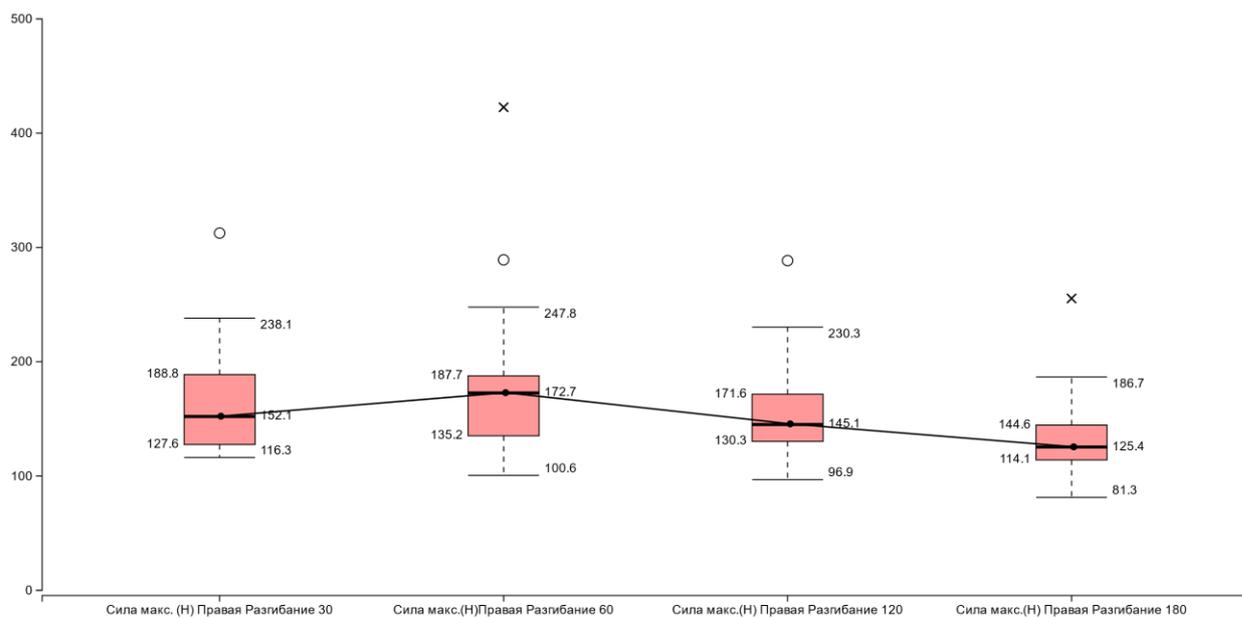


Рисунок 3 - Значения максимальной силы разгибания в зависимости от угловой скорости (женщины)

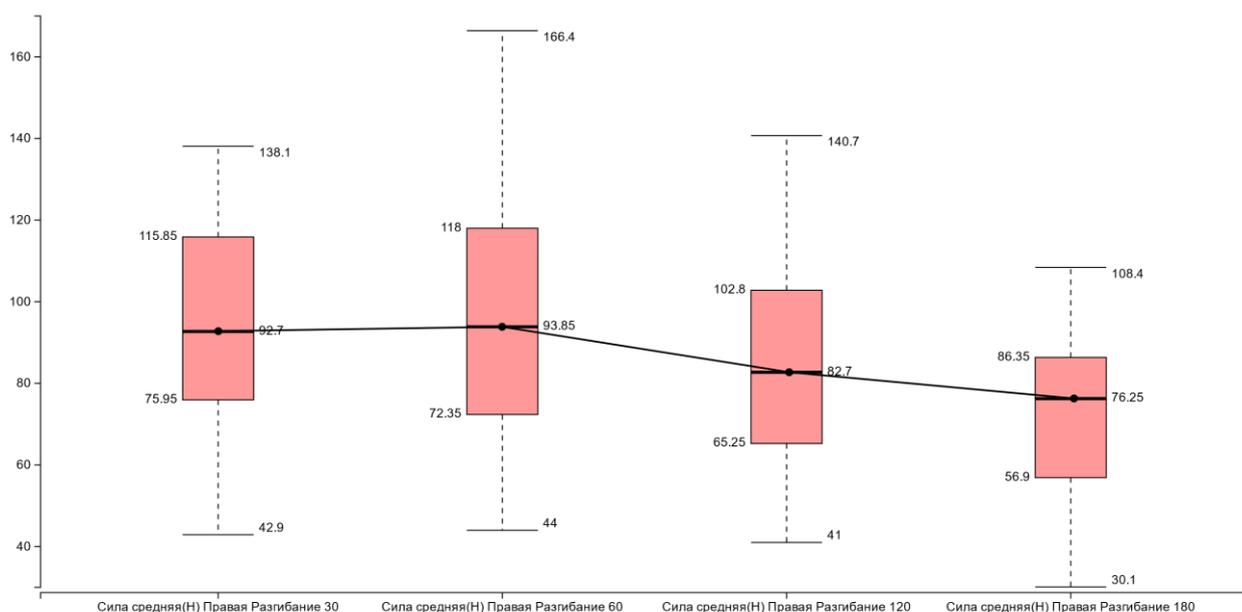


Рисунок 3 - Значения средней силы разгибания в зависимости от угловой скорости (мужчины)

ОТНОШЕНИЕ СИЛЫ СГИБАТЕЛЬНОГО К РАЗГИБАТЕЛЬНОМУ ДВИЖЕНИЮ В КОЛЕННОМ СУСТАВЕ

Отношение силы сгибательного к разгибательному движению показывает соотношение работы соответствующих мышц. Этот параметр имеет диагностическое значение и может быть использован в определении нарушения работы мышц (таб. 3).

Таблица 3 - Отношение сгиб./разгиб(%) движений при различных угловых скоростях

Сторона	Женщины	Мужчины
Правая 30	61±14,97	58.9±7.56
Правая 60	65,94±15,41	66.84±10.91
Правая 120	62,78±14,52	64.85±11.62
Правая 180	63,42±16,13	61.6±12.51
Левая 30	62,23±19,62	56.96±22.69
Левая 60	65,66±21,31	69.26±24.18
Левая 120	63,94±20,76	63.31±22.23
Левая 180	66,35±21	62.17±24.84

ВРЕМЯ ДО ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО УСИЛИЯ В ДВИЖЕНИИ СГИБАНИЕ/РАЗГИБАНИЕ В КОЛЕННОМ СУСТАВЕ

Параметр времени до достижения максимального усилия показывает количество времени, которое требуется спортсмену для достижения максимальной силы во время выполнения тестирования (таб. 4).

Таблица 4 - Время до достижения максимального усилия при различных угловых скоростях

№ подхода	Сторона	Женщины	Мужчины
1	Правая Разгибание 60	0,74±0,21	0.74±0.19
2	Правая Разгибание 120	0,41±0,08	0.39±0.08
3	Правая Разгибание 180	0,29±0,05	0.27±0.05
4	Правая Разгибание 30	0,40±0,65	38.29±63.9
1	Правая Сгибания 60	0,61±0,28	0.49±0.15
2	Правая Сгибания 120	0,33±0,15	0.27±0.09
3	Правая Сгибания 180	0,24±0,09	0.2±0.06
4	Правая Сгибания 30	0,33±0,62	31.29±45.72
1	Левая Разгибание 60	0,8±0,22	0.74±0.24
2	Левая Разгибание 120	0,44±0,11	0.38±0.11
3	Левая Разгибание 180	0,31±0,07	0.27±0.05
4	Левая Разгибание 30	0,12±0,34	12.11±37.7
1	Левая Сгибания 60	0,56±0,25	0.54±0.2
2	Левая Сгибания 120	0,32±0,14	0.31±0.09
3	Левая Сгибания 180	0,24±0,09	0.22±0.06
4	Левая Сгибания 30	0,20±0,43	19.96±36.62

Этот параметр говорит в первую очередь о мощностной характеристике спортсмена показывает его способность развить максимальное усилие за укороченный промежуток времени.

В таблице 18 и 19 показаны полученные минимальные и максимальные средние значения показателей в группе обследованных спортсменов мужчин и женщин. Средние минимальные значения были получены до начала реабилитационных мероприятий. Средние максимальные значения были получены после проведенных реабилитационных мероприятий.

Таблица 5 - Средние значения показателей опорно-двигательных навыков нижних конечностей в статическом, функциональном и силовом режимах нагрузки в группе мужчин

		Минимальные значения	Максимальные значения
Статический режим	Распределение нагрузки,%	49,2±1,92	51,5±0,58
	Индекс координации,у.е.	0,92±0,05	0,97±0,02
	Индекс симметрии,у.е.	0,92±0,02	0,96±0,02
Функциональный режим	Распределение нагрузки,%	44,28±16,52	49,65±1,69
	Индекс координации,у.е.	0,32±0,29	0,77±0,04
	Индекс симметрии,у.е.	0,86±0,13	0,93±0,03
Силовой режим	Распределение нагрузки,%	47,5±2,12	50,35±1,87
	Индекс координации,у.е.	0,35±0,31	0,79±0,04
	Индекс симметрии,у.е.	0,9±0,04	0,95±0,02

Анализ полученных значений показал: в статическом режиме у всех обследованных спортсменов мужчин значения распределения нагрузки тела и координации находились в пределах нормы. Так средние минимальные и средние максимальные значения распределения нагрузки тела были 49,2±1,92 и 51,5±0,58 при норме 49,0-51,0. Средние минимальные и средние максимальные значения по индексу координации отмечались в диапазоне 0,92±0,02 и 0,96±0,02, при норме 0,90-1,00. В функциональном режиме смещение распределения нагрузки по средним минимальным значениям

отмечалось в пределах $44,28 \pm 16,52$ при норме 49,0-51,0; по средним максимальным значениям этот показатель был в пределах нормы $49,65 \pm 1,69$, при норме 49,0-51,0. В функциональном режиме отмечалось значительное снижение средних минимальных значений по индексу координации и находились в пределах $0,32 \pm 0,29$ при норме 0,80-1,00. Средние максимальные значения были в пределах нормы $0,77 \pm 0,04$. В силовом режиме так же отмечалось снижение средних минимальных значений относительно нормы: $47,5 \pm 2,12$ при норме 49,0-51,0. Средние максимальные значения были в пределах нормы $50,35 \pm 1,87$. Так же аналогично с функциональным режимом, в силовом режиме отмечалось снижение средних минимальных значений $0,35 \pm 0,31$ при норме 0,80-1,00. Средние максимальные значения в этом режиме находились в пределах нормы $0,79 \pm 0,04$. По средним минимальным и максимальным значениям индекса симметрии отклонений от нормы не было зафиксировано.

Таблица 6 - Средние значения показателей опорно-двигательных навыков нижних конечностей в статическом, функциональном и силовом режимах нагрузки в группе женщин

		Минимальные средние значения	Максимальные средние значения
Статический режим	Распределение нагрузки,%	$46,91 \pm 1,6$	$51 \pm 1,08$
	Индекс координации,у.е.	$0,87 \pm 0,04$	$0,96 \pm 0,02$
	Индекс симметрии,у.е.	$0,89 \pm 0,02$	$0,94 \pm 0,03$
Функциональный режим	Распределение нагрузки,%	$46,23 \pm 0,56$	$48,97 \pm 0,57$
	Индекс координации,у.е.	$0,55 \pm 0,12$	$0,76 \pm 0,04$
	Индекс симметрии,у.е.	$0,88 \pm 0,02$	$0,9 \pm 0,03$
Силовой режим	Распределение нагрузки,%	$46,75 \pm 1,83$	$49,35 \pm 1,79$
	Индекс координации,у.е.	$0,59 \pm 0,11$	$0,78 \pm 0,04$
	Индекс симметрии,у.е.	$0,87 \pm 0,07$	$0,93 \pm 0,02$

7. Выводы и рекомендации

1. Для обучения искусственного интеллекта, в т.ч. нейросетей автоматическому видеоанализу двигательных паттернов высококвалифицированных спортсменов необходимо формирование специализированной референсной базы данных (датасета) в машиночитаемом формате.
2. Наиболее полные и пригодные для автоматической обработки данные по характеристикам двигательной активности высококвалифицированных спортсменов регистрируются роботизированными биомеханическими комплексами (ConTrex, Gemini и пр.)
3. Для формирования полноценного датасета биомеханических данных, применимого для дальнейшего обучения нейронных сетей автоматическому видеоанализу двигательных паттернов спортсменов с применением технологий искусственного интеллекта необходима стандартизация программы биомеханического обследования спортсменов сборных команд Российской Федерации, проходящих углубленные медицинские обследования на базе клиник ФМБА России.
4. Для первичного обучения нейросетевых алгоритмов автоматического видеоанализа двигательных паттернов высококвалифицированных спортсменов возможно использование референсных значений, представленных в разделе 4 настоящих рекомендаций.

Библиография

1. Sandelin J, Santavirta S, Lättilä R, et al. Sport injuries in a large urban population: occurrence and epidemiologic aspects. Int J Sports Med 1987; 8: 61-6

2. De Loës M. Medical treatment and costs of sports-related injuries in total population. *Int J Sports Med* 1990; 11: 66-72
3. Kujala UM, Taimela S, Antti-Poika I, et al. Acute injuries in soccer, ice hockey, volleyball, basketball, judo, and karate: analysis of national registry data. *BMJ* 1995; 311: 1465-8
4. Torg JS, Vegso JJ, Sennelt B, et al. The national football head and neck injury registry: 14-year report on cervical quadriplegia, 1971 through 1984. *JAMA* 1985; 254: 3439-43
5. Inklaar H. Soccer Injuries. I: Incidence and severity. *Sports Med* 1994; 18: 55-73
6. Van Mechelen W. Aetiology and prevention of running injuries [dissertation]. Amsterdam: Free University of Amsterdam, 1992
7. Orchard JW, Ranson C, Olivier B, et al. International consensus statement on injury surveillance in cricket: a 2016 update. *Br J Sports Med*. 2016;50(20):1245–1251.
8. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. Fuller CW *Clin J Sport Med*. 2006 Mar; 16(2):97-106.
9. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures for studies of injuries in rugby union.
Fuller CW *Br J Sports Med*. 2007 May; 41(5):328-31.
10. Epidemiological studies of injuries in rugby league: suggestions for definitions, data collection and reporting methods. King DA *Sci Med Sport*. 2009 Jan; 12(1):12-9.
11. Consensus statement on the methodology of injury and illness surveillance in FINA (aquatic sports). Mountjoy M *Br J Sports Med*. 2016 May; 50(10):590-6.
12. Consensus statement on epidemiological studies of medical conditions in tennis, April 2009. Pluim B *Br J Sports Med*. 2009 Dec; 43(12):893-7.

13. Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): consensus statement. Timpka T Br J Sports Med. 2014 Apr; 48(7):483-90.
14. European consensus on epidemiological studies of injuries in the thoroughbred horse racing industry. Turner M, Fuller Br J Sports Med. 2012 Aug; 46(10):704-8.
15. Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. Junge A. J Br J Sports Med. 2008 Jun; 42(6):413-21.
16. Medical encounters (including injury and illness) at mass community-based endurance sports events: an international consensus statement on definitions and methods of data recording and reporting. Schweltnus M Br J Sports Med. 2019 Sep; 53(17):1048-1055.
17. Defining the Term "Overuse": An Evidence-Based Review of Sports Epidemiology Literature. Neil ER J Athl Train. 2018 Mar; 53(3):279-281.
18. Definition and usage of the term "overuse injury" in the US high school and collegiate sport epidemiology literature: a systematic review. Roos KG, Sports Med. 2014 Mar; 44(3):405-21.
19. Some conceptions of epidemics in general by Wade Hampton Frost. Frost WH Am J Epidemiol. 1976 Feb; 103(2):141-51.
20. Energy damage and the ten countermeasure strategies. Haddon W Jr Hum Factors. 1973 Aug; 15(4):355-66.
21. The epidemiology of accidents. GORDON JE Am J Public Health Nations Health. 1949 Apr; 39(4):504-15.
22. What is an injury? Langley J, Brenner R Inj Prev. 2004 Apr; 10(2):69-71.
23. Waller JA. Injury Control: A Guide to the Causes and Prevention of Trauma. Lexington, Massachusetts: Lexington Books; 1985.
24. The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement M M Panjabi

25. Ager, A.L, A. Proprioception and shoulder pain: A Systematic Review. *J Hand Ther.* 2019 Aug 31. pii: S0894-1130(19)30094-8. doi: 10.1016/j.jht.2019.06.002.

26. Guyton AC. *Textbook of Medical Physiology.* 8th ed. Philadelphia, PA WB Saunders; 1992.

27. Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand Held Dynamometry and Isokinetic Dynamometry in the Hip, Knee and Ankle Joint: Systematic Review and Meta-analysis Claudio Chamorro, *Open Med (Wars).* 2017; 12: 359–375. Published online 2017 Oct 17

28. Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. Kelln BM, *J Sport Rehabil.* 2008 May; 17(2):160-70

29. Enhancing the examiner's resisting force improves the reliability of manual muscle strength measurements: comparison of a new device with hand-held dynamometry. Lu TW. *J Rehabil Med.* 2007 Nov; 39(9):679-84.

30. The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults. Arnold CM, *J Strength Cond Res.* 2010 Mar; 24(3):815-24

31. Campos Jara C.A. Validación y fiabilidad del dispositivo Haefni Health System 1.0 en la medición de la velocidad en el rango isocinético. *Cuadernos de Psicología del Deporte.* 2014;14:91–98.

32. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. Martin HJ *Gerontology.* 2006; 52(3):154-9.

33. Test-retest reliability of innovated strength tests for hip muscles. Meyer C *PLoS One.* 2013; 8(11):e81149.

34. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements.

Drouin JM, Valovich-mcLeod TC *Eur J Appl Physiol.* 2004 Jan; 91(1):22-9.

35. Holmbäck A.M., Lexell J.. Reproducibility of isokinetic ankle dorsiflexor strength and fatigue measurements in healthy older subjects. *Isokinet. Exerc. Sci.* 2007;15:263–270
36. Morrison K.E., Kaminski T.W.. The reproducibility of an isokinetic testing technique at the ankle joint. *Isokinet. Exerc. Sci.* 2007;15:245–251.
37. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Autograft Choice: Bone-Tendon-Bone Versus Hamstring: Does It Really Matter? A Systematic Review
Kurt P Spindler *Am J Sports Med.* 2004 Dec;32(8):1986-95.
38. Knee flexor strength recovery following hamstring tendon harvest for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review Clare L. Webster Musculoskeletal Research Centre, Faculty of Health Sciences, La Trobe University, Bundoora, Victoria, Australia *Orthopedic Reviews* 2009; volume 1:e12
39. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, et al. Harvesting hamstring tendons for ACL reconstruction influences postoperative hamstring muscle performance. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123:460-5.
40. Segawa H, Omori G, Koga Y, et al. Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy: J Arthroscopic Related Surg* 2002;18:177-82.
41. Nakamura N, Horibe S, Sasaki S, et al. Evaluation of active knee flexion and hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Arthroscopy: J Arthroscopic Related Surg* 2002;18:598-602
42. Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, et al. Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sports Med* 2003;31:522-9.
43. Lipscomb AB, Johnston RK, Snyder RB, et al. Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *J Sports Med* 1982;10:340-2.
44. Gobbi A. Hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: is it necessary to sacrifice the gracilis? *Arthroscopy: J Arthroscopic Related Surg* 2005;21:275-80

45. Carter TR, Edinger S. Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: Hamstring versus patellar tendon. *Arthroscopy: J Arthroscopic Related Surg* 1999;15:169-72.

46. Effect of Therapeutic Modalities on Patients With Patellofemoral Pain Syndrome A Systematic Review David A. Lake, PT, PhD*

47. *Sports Health*. 2012 Jan;4(1):36-46..Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Training in Female Athletes: A Systematic Review of Injury Reduction and Results of Athletic Performance Tests

48. *Orthopedics*. 2014 Feb;37(2):e103-8.Return to Sport After ACL Reconstruction Joshua D Harris

49. *Orthop J Sports Med*. 2014 Jan 21;2(1):2325967113518305.

Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review Geoffrey D Abrams

50. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. Barber-Westin SD, Noyes FR *Arthroscopy*. 2011 Dec; 27(12):1697-705.

51. *Br J Sports Med*. 2015 May;49(9):583-9.Injury Risk Factors, Screening Tests and Preventative Strategies: A Systematic Review of the Evidence That Underpins the Perceptions and Practices of 44 Football (Soccer) Teams From Various Premier Leagues. Alan McCall

52. *J Sports Sci*. 2016;34(4):289-302. The Effect of Limb Dominance on Lower Limb Functional Performance--A Systematic Review Timothy M McGrath

53. *Br J Sports Med*. 2016 Aug;50(15):909-20.

Hamstring Strength and Flexibility After Hamstring Strain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nirav Maniar

54. The effect of limb dominance on lower limb functional performance--a systematic review. McGrath TM.*Sports Sci*. 2016;34(4):289-302.

55. Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis.

Green B, Bourne MN, Pizzari T. *Br J Sports Med.* 2018 Mar;52(5):329-336.

56. Reliability of Isokinetic Knee Strength Measurements in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis Laura Muñoz-Bermejo *PLoS One* 2019 Dec 17;14(12):e0226274.

57. *Ann Phys Rehabil Med.* 2020 Mar;63(2):123-137.

The Importance of Lower-Extremity Muscle Strength for Lower-Limb Functional Capacity in Multiple Sclerosis: Systematic Review. Cintia Ramari

58. *Med Sci Sports Exerc.* 2020 Jun;52(6):1263-1271.

Return to Sport Tests' Prognostic Value for Reinjury Risk After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review Evans Yayra

59. Effect of Isokinetic Training on Shoulder Impingement The Isokinetic Rotator Cuff Strength Ratios in Overhead Athletes: Assessment and Exercise Effect Kelly Berckmans

60. Upper Quadrant Field Tests and Isokinetic Upper Limb Strength in Overhead Athletes Dorien Borms.

61. Recovery of Shoulder Rotational Muscle Strength After Arthroscopic Bankart Repair Masatoshi Amako

62. The Isokinetic Rotator Cuff Strength Ratios in Overhead Athletes: Assessment and Exercise Effect Kelly Berckmans

63. Relationships Between Isokinetic Shoulder Evaluation and Fitness Characteristics of Elite French Female Water-Polo Players Nicolas Olivier

64. Intrarater reliability of the Humac NORM isokinetic dynamometer for strength measurements of the knee and shoulder muscles Bas Habets

65. Preseason Strength Assessment of the Rotator Muscles and Shoulder Injury in Handball Players Bénédicte Forthomme

66. Profile of Isokinetic Rotator Cuff Muscle Performance in Adolescent State-Level Weightlifters Mohamad Faiz Abdul Rahim, Shazlin Shahrudin

67. Isokinetic Characteristics of Amateur Boxer Athletes Ioannis Tasiopoulos,

68. Isokinetic assessment of shoulder complex strength in adolescent elite synchronized swimmers Soledad Aguado-Henchea
69. Are There Bilateral Isokinetic Shoulder Rotator Differences in Basketball Male Players? Thierry Weissland
70. SHOULDER ISOKINETIC PERFORMANCE IN HEALTHY PROFESSIONAL JUDO ATHLETES: NORMATIVE DATA Freddy Beretta Marcondes
71. Profiling Isokinetic Strength of Shoulder Rotator Muscles in Adolescent Asymptomatic Male Volleyball Players Claudio Andre Barbosa de Lira
72. Evaluation of Shoulder Strength and Kinematics as Risk Factors for Shoulder Injury in United States Special Forces Personnel Caleb D Johnson
73. Shoulder Strength and Range of Motion Between Collegiate Pitchers and Position Players in Baseball Fitzgerald T Dodds
74. Isokinetic Training Effect of Ankle Positions on Knee Extensor Strength Yong-Jun Cha 2014
75. The Effects of a Strategic Strength Resistance Exercise Program on the Isokinetic Muscular Function of the Ankle Kyoung-Kyu Jeon 2015
76. Assessment of Evertor Weakness in Patients With Chronic Ankle Instability: Functional Versus Isokinetic Testing Romain Terrier 2016
77. Reliability of Ankle-Foot Complex Isokinetic Strength Assessment Using the Isomed 2000 Dynamometer Zuzana Gonosova 2018
78. Isokinetic performance of ankle evertor and invertor muscles in adolescent female volleyball athletes Leandro Viçosa Bonetti 2018
79. Reliability of an isometric and isokinetic strength testing protocol of the knee and ankle in young adults S. Gobbo 2019
80. Relationship Between Isokinetic Muscle Strength and Functional Tests in Chronic Ankle Instability Young Hwan Park 2019
81. Cochrane Database Syst Rev. 2004 Oct 18;2004(4):CD004129.
Force Platform Feedback for Standing Balance Training After Stroke
R Barclay-Goddard, T Stevenson, W Poluha, M E K Moffatt, S P Taback

82. Motor recovery after stroke: a systematic review Author links open overlay panel Peter Langhorne FRCP, Fiona Coupar BSc, Alex Pollock PhD Volume 8, Issue 8, August 2009, Pages 741-754

83. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2011 Jul;19(7):1168-77.

Is Postural Control Restored Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? A Systematic Review Brooke E Howells, Clare L Ardern, Kate E Webster

84. Sports Med. 2017; 47(1): 101–112. Effectiveness of Exercise Interventions to Improve Postural Control in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analyses of Centre of Pressure Measurements Daniel C. Low, Gregory S. Walsh, and Marco Arkesteijn.

85. Effects of Three Types of Exercise Interventions on Healthy Old Adults' Gait Speed: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Hortobágyi T, Lesinski M, Gäbler M, VanSwearingen JM, Malatesta D, Granacher U Sports Med. 2015 Dec; 45(12):1627-43.

86. Associations Between Measures of Balance and Lower-Extremity Muscle Strength/Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U Sports Med. 2015 Dec; 45(12):1671-92.

87. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults : a systematic review of randomized controlled trials. Orr R, Raymond J, Fiatarone Singh M Sports Med. 2008; 38(4):317-43.

88. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. Lesinski M Sports Med. 2015 Dec; 45(12):1721-38.

89. Judge JO, Lindsey C, Underwood M, et al. Balance improvements in older women: effects of exercise training. Phys Ther. 1993;73:254–262.

90. Park J, Cho K, Lee W. Effect of jumping exercise on muscle strength and balance of elderly people: a randomized controlled trial. J Phys Ther Sci. 2012;24:1345–1348.

91. Changes in postural sway and its fractions in conditions of postural instability.

Zatsiorsky VM, Latash ML *J Appl Biomech.* 2006 Feb; 22(1):51-60.

92. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway.

Day BL, Steiger MJ, Thompson PD, Marsden CD
J Physiol. 1993 Sep; 469():479-99.

93. Ni M, Mooney K, Richards L, et al. Comparative impacts of Tai Chi, balance training, and a specially-designed yoga program on balance in older fallers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95:1620–1628.

94. Álvarez-Barbosa F, del Pozo-Cruz J, del Pozo-Cruz B, et al. Effects of supervised whole body vibration exercise on fall risk factors, functional dependence and health-related quality of life in nursing home residents aged 80+ *Maturitas.* 2014;79:456–463.

95. Judge JO, Lindsey C, Underwood M, et al. Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther.* 1993;73:254–262.

96. Katsura Y, Yoshikawa T, Ueda SY, et al. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:957–964.

97. Lai CH, Peng CW, Chen YL, et al. Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait Posture.* 2013;37:511–515.

98. Nagai K, Yamada M, Tanaka B, et al. Effects of balance training on muscle coactivation during postural control in older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2012;67:882–889.

99. Kaneda K, Sato D, Wakabayashi H, et al. comparison of the effects of different water exercise programs on balance ability in elderly people. *J Aging Phys Act.* 2008;16:381–392.

100. Hiyamizu M, Morioka S, Shomoto K, et al. Effects of dual task balance training on dual task performance in elderly people: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2012;26:58–67.

101. Reliability and Validity Study of the Chamorro Assisted Gait Scale for People with Sprained Ankles, Walking with Forearm Crutches. Chamorro-Moriana G

PLoS One. 2016; 11(5):e0155225.

102. Design and validation of GCH System 1.0 which measures the weight-bearing exerted on forearm crutches during aided gait. Chamorro Moriana G Gait Posture. 2013 Apr; 37(4):564-9.

103. Whittle M.W. Gait Analysis: An Introduction. 3rd ed. Butterworth-Heinemann; Oxford, MS, USA: 2003. pp. 140–142.

104. Real-time visual feedback for gait retraining: toward application in knee osteoarthritis. van den Noort JC Med Biol Eng Comput. 2015 Mar; 53(3):275-86.

105. Efficacy of gait training using a treadmill with and without visual biofeedback in patients after stroke: A randomized study. Drużbicki M J Rehabil Med. 2015 May; 47(5):419-25.

106. Gait Retraining for Injured and Healthy Runners Using Augmented Feedback: A Systematic Literature Review. Agresta C J Orthop Sports Phys Ther. 2015 Aug; 45(8):576-84.

107. Effects of gait training with a cane and an augmented pressure sensor for enhancement of weight bearing over the affected lower limb in patients with stroke: a randomized controlled pilot study. Jung K Clin Rehabil. 2015 Feb; 29(2):135-42.

108. Gait rehabilitation: a new biofeedback device for monitoring and enhancing weight-bearing over the affected lower limb.

Isakov E Eura Medicophys. 2007 Mar; 43(1):21-6.

109. Efficacy of a vibrotactile neurofeedback training in stance and gait conditions for the treatment of balance deficits: a double-blind, placebo-controlled multicenter study. Basta D Otol Neurotol. 2011 Dec; 32(9):1492-9.

110. Effects of complementary auditory feedback in robot-assisted lower extremity motor adaptation. Zanotto D IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2013 Sep; 21(5):775-86.

111. Intensive Gait Training for Older Adults with Symptomatic Knee Osteoarthritis. Segal NA *Am J Phys Med Rehabil.* 2015 Oct; 94(10 Suppl 1):848-58.

112. The effects of vibrotactile biofeedback training on trunk sway in Parkinson's disease patients. Nanhoe-Mahabier W *Parkinsonism Relat Disord.* 2012 Nov; 18(9):1017-21.

113. Fernández R., Rodríguez B., Barcia B., Souto S., Chouza M., Martínez S. Generalidades sobre Feedback (o retroalimentación) Fisioterapia. 1998;20:3–11.

114. Gait training in subacute non-ambulatory stroke patients using a full weight-bearing gait-assistance robot: A prospective, randomized, open, blinded-endpoint trial. Ochi M, Wada F, Saeki S, Hachisuka K *J Neurol Sci.* 2015; 353(1-2):130-6.

115. Quinzaños Fresnedo J., Sahagún Olmos R.C., León Hernández S.R., Pérez Zavala R., Quiñones Uriostegui I., Solano Salazar C.J., Cruz Lira R.T., Tinajero Santana M.C. Efectos a corto plazo del entrenamiento de la marcha en una órtesis robótica (Lokomat®) con retroalimentación auditiva en pacientes con lesión medular incompleta crónica. *Rehabilitacion.* 2015;49:30–37.

116. Efficacy of Feedback-Controlled Robotics-Assisted Treadmill Exercise to Improve Cardiovascular Fitness Early After Stroke: A Randomized Controlled Pilot Trial. Stoller O *J Neurol Phys Ther.* 2015 Jul; 39(3):156-65.

117. Gait improvement in patients with cerebral palsy by visual and auditory feedback. Baram Y, Lenger R *Neuromodulation.* 2012 Jan-Feb; 15(1):48-52; discussion 52.

118. Influence of visual and auditory biofeedback on partial body weight support treadmill training of individuals with chronic hemiparesis: a randomized controlled clinical trial. Brasileiro A *Eur J Phys Rehabil Med.* 2015 Feb; 51(1):49-58.

119. Clinical impact of gait training enhanced with visual kinematic biofeedback: Patients with Parkinson's disease and patients stable post stroke. Tomizuka M *Neuropsychologia.* 2015 Dec; 79(Pt B):332-43.

120. Comparison of mirror, raw video, and real-time visual biofeedback for training toe-out gait in individuals with knee osteoarthritis.

121. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review Phillip A Gribble, Jay Hertel, Phil Plisky

122. Performance on the Modified Star Excursion Balance Test at the Time of Return to Sport Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Mark V Paterno, Timothy E Hewett, Laura C Schmitt

123. Elite Female Basketball Players' Body-Weight Neuromuscular Training and Performance on the Y-Balance Test Roberto Benis

124. The Relationship Between Performance on the Modified Star Excursion Balance Test and the Knee Muscle Strength Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Paula Calori Domingues

125. THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW Cameron J. Powden

Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»
(ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России)

СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГРУППА 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья населения от повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию медико-социальной помощи
Оценка биомеханических характеристик высококвалифицированных спортсменов в зависимости от вида спорта для системы персонализированной оценки эффективности методов реабилитационного лечения спортсменов сборных команд России после перенесенных травм и заболеваний на основе нейросетевой обработки видеоизображений с применением технологий искусственного интеллекта
Методические рекомендации
МР ФМБА России - 2020

Первый заместитель генерального
директора
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
ФМБА России,
д-р.мед.наук, профессор

подпись, дата

А.Ю. Бушманов

Исполнители:

Научный руководитель - зав.
лабораторией больших данных и
прецизионной спортивной медицины
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
ФМБА России, к.б.н.

подпись, дата

М.С. Ключников

Ответственный исполнитель -
заведующий отделением спортивной
психологии ЦСМиР ФГБУ ГНЦ ФМБЦ
им. А.И. Бурназяна ФМБА России

подпись, дата

С.Е. Назарян

Руководитель ЦСМиР ФГБУ
«Государственный научный центр
Российской Федерации - Федеральный
медицинский биофизический центр
имени А.И.Бурназяна» ФМБА России

подпись, дата

А.В. Хан

Аспирант МБУ ИНО ФГБУ
«Федеральный научно-клинический
центр спортивной медицины и
реабилитации ФМБА России»

подпись, дата

И.В. Катковский