

Министерство здравоохранения Российской Федерации
(Минздрав России)

**Федеральное медико-биологическое агентство
(ФМБА России)**

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр федерального
медико-биологического агентства»
(ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России)

Группа 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья населения от повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию медико-социальной помощи

Диагностика функционального состояния опорно-двигательного аппарата и динамических (биомеханических, тензодинамометрических, электронейромиографических) характеристик движения спортсменов в условиях среднегорья

Методические рекомендации

МР ФМБА России _____2019

Издание официальное

Ессентуки,
2019

Предисловие

1. Методические рекомендации «Диагностика функционального состояния опорно-двигательного аппарата и динамических (биомеханических, тензодинамометрических, электронейромиографических) характеристик движения спортсменов в условиях среднегорья» разработаны по заказу Федерального медико-биологического агентства.

Разработано Федеральным государственным бюджетным учреждением «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»

Генеральный директор – канд. экон. наук Тер-Акопов Г.Н.

2. Исполнители: д-р биол. наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России Корягина Ю.В.; канд. экон. наук, генеральный директор ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России Тер-Акопов Г.Н.; канд. тех. наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России Нопин С.В.; канд. мед. наук, старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России Роголева Л.Г.

3. Утверждены и введены в действие Федеральным медико-биологическим агентством _____.

Содержание

Введение	4
1. Область применения	6
2. Нормативные ссылки	7
3. Термины и определения, сокращения	7
4. Общие положения	8
5. Подготовка к проведению тестов на системе BTS SMART - Clinic	11
6. Получение, обработка данных и формирование отчета системой BTS SMART - Clinic	19
7. Работа с беспроводной системой ЭМГ диагностики BTS FREEEMG	27
8. Основные задачи анализа движений	48
9. Методика тестирования	49
9.1. Тестирование по протоколу теста повторных прыжков	49
9.2. Тестирование по протоколу тестов “Толчок” и “Рывок”	55
БИБЛИОГРАФИЯ	69
Библиографические данные	69

Введение

Высокая работоспособность и конкурентоспособность спортсмена обусловлена совершенствованием и развитием функциональных систем организма, обеспечивающих выполнение соревновательных упражнений. Одним из важных факторов обеспечения эффективности процесса подготовки спортсменов и их медико-биологического обеспечения, является наличие объективной и достаточной информации о функциональном состоянии организма спортсменов, в частности состояния опорно-двигательного аппарата.

Задача биомеханики состоит в оценке эффективности способов выполнения изучаемого движения и состояния опорно-двигательного аппарата, совершающего данное движение. При этом регистрируются физические характеристики движения: происхождение, время и место приложения сил, совершающих как полезную, так и вредную работу, снижающую эффективность полезных сил, характеристики перемещения, скорости и мощности с помощью современных средств видеоанализа и тензодинамометрии. Подкрепленный данными электронейромиографии подобный биомеханический анализ позволяет дать анализ как внешним (физическим), так и внутренним (электрическим процессам в нейро-мышечном аппарате) при выполнении двигательного действия, выявить и скорректировать имеющиеся внешние (технику движения) и внутренние нарушения (мышечный тонус, баланс, процессы утомления и восстановления) [1-3].

Нахождение спортсменов в условиях среднегорья и тем более выполнение в данных условиях физических нагрузок сопровождается напряжением адаптационных механизмов, выражающееся усилением функций различных систем, обеспечивающих мышечную деятельность, что вызывает как срочные, так и долговременные адаптационные реакции.

В первые дни после прибытия в условия среднегорья происходит срочная адаптация, которая характеризуется специфическими реакциями, сопровождающимися деятельностью организма. В данных условиях снижено внешнее сопротивление воздуха движущемуся телу и сила гравитации, при выполнении

спортивных нагрузок субъективно может ощущаться легкость, но низкое парциальное напряжение кислорода в воздухе и пониженное атмосферное давление вызывает состояние гипобарической гипоксии, вызывающего более быстрое наступление утомления при физических спортивных нагрузках, чем в нормальных условиях внешней среды.

В связи с чем актуальным является диагностика и оптимизация функционального состояния опорно-двигательного аппарата и динамических (биомеханических, тензодинамометрических, электронейромиографических) характеристик движения спортсменов в условиях среднегорья.

Модельные характеристики функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов при выполнении движений и диагностические протоколы (в виде групп математических операторов используемых в аппаратно-программном комплексе BTS MOTION SYSTEM) с функцией анализа на соответствие модельным характеристикам позволят целенаправленно влиять на отстающие звенья функциональной готовности, предотвратить состояния перенапряжения, повысить специальную работоспособность и способствовать дальнейшему росту спортивных результатов.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Федерального
медико-биологического агентства
_____ Ю.В. Мирошникова
« ____ » _____ 2019 г.

Дата введения – с момента утверждения

Система стандартизации в здравоохранении
Группа 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья населения от
повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию медико- социальной
помощи

**ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-
ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И ДИНАМИЧЕСКИХ
(БИОМЕХАНИЧЕСКИХ, ТЕНЗОДИНАМОМЕТРИЧЕСКИХ,
ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИХ) ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ
СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ**

Методические рекомендации
МР ФМБА России _____ 2019

1. Область применения

Настоящие методические рекомендации предназначены для врачей ЛФК и спортивной медицины, физиотерапевтов, для применения в восстановительной медицине, медицинской реабилитации, физиотерапии, курортологии, а также спортсменов, тренеров, сотрудников комплексных научных групп научно-методического сопровождения спортивной подготовки и других специалистов, работающих в сфере физической культуры и спорта.

Издание официальное. © Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА России)	Настоящие методические рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены без разрешения Федерального медико-биологического агентства (ФМБА России)
--	---

2. Нормативные ссылки

Настоящий документ разработан на основании рекомендаций и требований следующих нормативных правовых актов и нормативных документов:

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

2.2. ГОСТ 1.5-2001 (ред. 2005 г.) Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, содержанию и обозначению.

2.3. ГОСТ 15.101-98 (ред. 2003 г.) Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ.

3. Термины и определения, сокращения

В настоящем документе применены следующие термины с соответствующими им определениями:

АПК – аппаратно-программный комплекс;

ОДА – опорно-двигательный аппарат;

ЭНМГ – электронейромиография;

биомеханика – раздел естественных наук, изучающий на основе моделей и методов механики механические свойства живых тканей, отдельных органов, или организма в целом, а также происходящие в них механические явления;

метод видеоанализа - (видеозахвата) движений основанный на технологии компьютерного анализа видеоизображений движений обследуемого, при этом видеозахват осуществляется бесконтактно, без использования кабельной связи регистрирующего устройства с объектом исследования. Существует два типа систем видеозахвата — маркерные (с использованием маркеров, или датчиков, которые

прикрепляются к телу обследуемого), и безмаркерные, основанные на технологиях компьютерного зрения и распознавания образов;

тензодинамометрия – метод регистрации усилий, развиваемых спортсменом при выполнении физических упражнений посредством специальных тензодатчиков, преобразующих механическую деформацию в электрический сигнал.

4. Общие положения

Тестирование функционального состояния ОДА, специальной работоспособности и оптимальности техники движений выполняется на системе SMART BTS MOTION SYSTEM.

SMART BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия) это система видеонализа работающая в комплексе с ЭМГ- устройствами и силовыми платформами, что позволяет получить расширенные результаты анализа.

BTS SMART-Clinic это программное обеспечение для системы анализа движения SMART системы BTS Motion System, предназначенное для регистрации и анализа паттернов движения человека в спорте, при реабилитации, в спортивной медицине, эргономике, клинических исследованиях, а также для оценки функциональных способностей и мышечного утомления (рисунок 1).

Для программного обеспечения BTS SMART - Clinic разработаны протоколы диагностики функционального состояния опорно-двигательного аппарата, включающие оценку динамических (биомеханических, тензодинамометрических, электронейромиографических) характеристик соревновательных тяжелоатлетических движений рывок и толчок штанги. В результате спортсмены и тренеры могут получить информацию о кинематике движения штанги, скоростно-силовых характеристиках и траектории движения, активности и включении мышц, участвующих в выполнении упражнений, особенностях мышечного дисбаланса.

Для исследования функционального состояния ОДА, специальной работоспособности и оптимальности техники движений разработаны протоколы

тестов внедренные в BTS SMART-Clinic: тест повторных прыжков Боско для спортсменов циклических видов спорта [4], тяжелоатлетический рывок и тяжелоатлетический толчок для спортсменов ациклических видов спорта (тяжелая атлетика). Разработанные протоколы были апробированы с участием 91 спортсмена циклических и ситуационных видов спорта: фехтование рапира, волейбол, единоборства, легкая атлетика (мужчины и женщины), кроссфит, футбол, тяжелая атлетика (мужчины и женщины), возраст спортсменов от 18 до 30 лет, квалификация от 1 разряда до МСМК. Все участники дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в г. Кисловодске на горе Малое седло на высоте 1240 м. в условиях учебно-тренировочных сборов спортсменов в ФГУП «Юг спорт», т.е. в среднегорье, по данным исследования SpO₂, % - сатурации (насыщения крови кислородом) спортсмены в основном находились в состоянии гипоксии: фехтование рапира - SpO₂ составила – 94,6±0,5%, волейбол – 94,9±0,6%, единоборства 96,8±0,4, легкая атлетика 96,5±0,3, кроссфит – 96,4±0,4, футбол 96,4±0,3, тяжелая атлетика - 95,3±0,3%.

Протокол теста повторных прыжков Боско (RepeatJump)

После разминки выполняются непрерывные прыжки, которые позволяют оценить анаэробную силу. Необходимо приложить максимальные усилия в короткий промежуток времени. Назначение этого теста — совершить максимальное число прыжков с максимальной высотой в заданный промежуток времени. Длительность теста 60 секунд.

Непрерывные прыжки выполняются после приседания вниз до угла в коленях 90 градусов и заключаются в быстром подпрыгивании вертикально вверх как можно выше; приземлении на две ноги одновременно, сгибании ног и повторении вертикального прыжка вверх.

Последовательность двигательных действий во время теста

И.п. стоя руки на бедрах.

Подсед до достижения угла 90 градусов в коленях и выпрыгивание вертикально вверх.

Приземление на две прямые ноги, лодыжки вытянуты.

Следующий подсед и повторение прыжков до завершения теста

Для записи времени полета (длительности безопорной фазы t_f) во время каждого прыжка использовалась резистивная платформа цифровой оптикоэлектронной системы высокого разрешения SMART-D (модификация Посейдон - производитель BTS bioengineering, Италия). Для уменьшения погрешности при измерении, были минимизированы латеральные и горизонтальные смещения, положение рук во время выполнения теста – на бедрах. Во время прыжкового теста угол сгибания в коленном суставе был ориентировочно 90 градусов.

Анализируются следующие показатели теста: максимальная сила отталкивания перед прыжком (MaxForce before Flight, Н), для каждого 15 секундного интервала прыжков: средняя удельная мощность прыжка (Power Mean, Вт/кг), средняя высота прыжка (Jump Height Mean, м), среднее квадратичное отклонение высоты прыжка (Jump Height SD, м), максимальная высота прыжка (Jump Height Max, м), количество прыжков за период, значения биоэлектрических потенциалов ЭМГ.

Протокол теста тяжелоатлетический “Толчок”

Протокол “Толчок” (Proc_Tolchok) используется для определения показателей электромиографии и техники выполнения соревновательного тяжелоатлетического упражнения – толчок двумя руками.

Данное движение имеет следующий фазовый состав:

- стартовое положение;
- тяга;
- подрыв;
- подсед;

- вставание со штангой на груди;
- стабилизация перед выталкиванием с груди;
- выталкивание;
- заключительная фиксация снаряда над головой.

Протокол теста тяжелоатлетический “Рывок”

Протокол “Рывок” (Proc_Rivok) используется для определения показателей электромиографии и техники выполнения соревновательного тяжелоатлетического упражнения – рывок двумя руками.

Данное движение имеет следующий фазовый состав:

- стартовое положение;
- тяга;
- подрыв;
- подсед;
- вставание;
- заключительная фиксация снаряда над головой.

5. Подготовка к проведению тестов на системе BTS SMART - Clinic

Для начала работы необходимо запустить приложение BTS SMART – Clinic (рисунок 1) и провести настройку устройств и калибровку (рисунок 2).

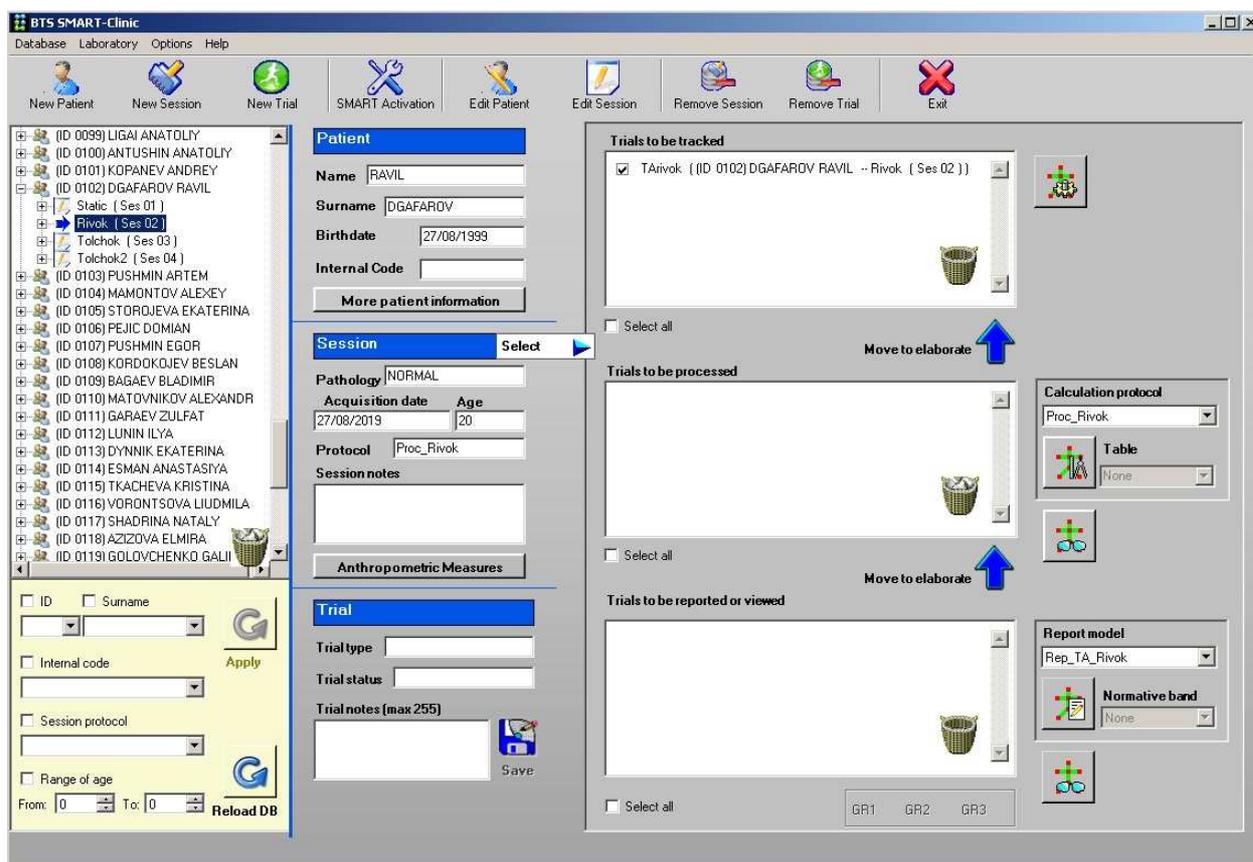


Рисунок 1 – Главное окно программы BTS Smart-Clinic

Настройка устройств

Перед получением данных в пробе должны быть включены, выбраны и настроены устройства получения данных. Для этого в главном окне программы необходимо нажать кнопку-пиктограмму “SMART Activation”. На рисунке 2 показано окно позволяющее выбрать (активировать) устройства задействованные в конкретной пробе получения данных. При первоначальной настройке устройств необходимо произвести их калибровку и настройку. Система позволяет использовать следующие группы устройств: инфракрасные видеокамеры (Kinematics), силовые платформы (Dynamics), ЭМГ датчики (Electromyography), стандартные видеокамеры (Video). Включение или выключение устройств производится нажатием кнопки с соответствующим названием. В разных протоколах используются разные комбинации задействованных устройств. В протоколах Proc_Rivok, Proc_Tolchok используются следующие устройства: инфракрасные видеокамеры (Kinematics), силовые платформы (Dynamics), ЭМГ

датчики (Electromyography), стандартные видеокамеры (Video). В протоколе RpJumpTest используются следующие устройства: силовые платформы (Dynamics), ЭМГ датчики (Electromyography), стандартные видеокамеры (Video).



Рисунок 2 – Выбор устройств

Набор для калибровки (рисунок 3) состоит из двух элементов:

- один углеволоконный центральный стержень с 3 маркерами;
- два углеволоконных осевых стержня с 2 и 4 маркерами на шарнире.



Рисунок 3 – Калибровочная рамка

При калибровке нужно провести калибровочной рамкой по всему объему зоны оцениваемого движения и записи видеоизображения.

В главном окне приложения BTS SMART – Clinic представлены пиктограммы: создание нового пациента (New patient), создание новой сессии (New Session), создание новой пробы (New Trial), настройка системы (Smart Activation), редактирование пациента (Edit Patient), редактирование сессии (Edit Session), удалить сессию (Remove Session), удалить пробу (Remove Trial), выход (Exit).

Создание нового пациента

Для создания нового обследуемого необходимо нажать кнопку-пиктограмму “создание нового пациента” (New patient).

На рисунке 4 представлено окно ввода данных нового пациента. Необходимо ввести данные пациента: имя, фамилию, дату рождения, пол.

Создание новой сессии

Для создания новой сессии необходимо мышкой выбрать пациента и нажать кнопку-пиктограмму “создание новой сессии”.

На рисунке 5 представлено окно создания новой сессии. Необходимо ввести название сессии, патологию (Normal), выбрать используемый протокол (Proc_Rivok, Proc_Tolchok или RpJumpTest), ввести рост (Anthropometric measures).

New patient [X]

<input type="text" value="IVAN"/>	Name *		
<input type="text" value="PETROV"/>	Surname *		
<input type="text" value="15/09/2002"/>	Brith date *		
<input checked="" type="radio"/> Male <input type="radio"/> Female	Gender *		
<input type="text"/>	Tax ID		
<input type="text"/>	Clinician		
<input type="text"/>	Internal code		
<input type="text"/>	Address (Street, Root...)		
<input type="text"/>	Town		
<input type="text"/>	ZIP Code		Add patient
<input type="text"/>	Country		
<input type="text"/>	Telephone number		
<input type="text" value="TEST"/>	Notes (max 255)		Cancel

Рисунок 4 – Окно ввода нового пациента

New session (ID 0135) PETROV IVAN

Session name: Rivok

Pathology: NORMAL

Protocol: Proc_Rivok

Anthropometric measures

Notes (max 255)

September 2019						
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	1	2	3	4	5	6

Today: 13/09/2019

Session date

Create Session

Cancel

Рисунок 5 – Окно ввода новой сессии

Создание новой пробы

Перед получением данных необходимо выполнить подготовительные операции: зона движения должна быть освобождена от посторонних блестящих объектов, светоотражающие маркеры должны быть приклеены должным образом, датчики ЭМГ должны быть активированы, приклеены должным образом и должны ждать команды о старте сбора данных (см. руководство пользователя программного обеспечения BTS FREEEMG), силовые платформы должны быть освобождены от посторонних предметов. Также должны быть включены, выбраны и настроены устройства получения данных (см. раздел Настройка устройств).

Для создания новой пробы необходимо мышкой выбрать пациента и сессию, затем нажать кнопку-пиктограмму “создание новой пробы”.

На рисунке 6 представлено окно создания новой пробы. Далее необходимо нажать кнопку-пиктограмму “Acquire” (получить пробу). Откроется окно получения данных (рисунок 7).

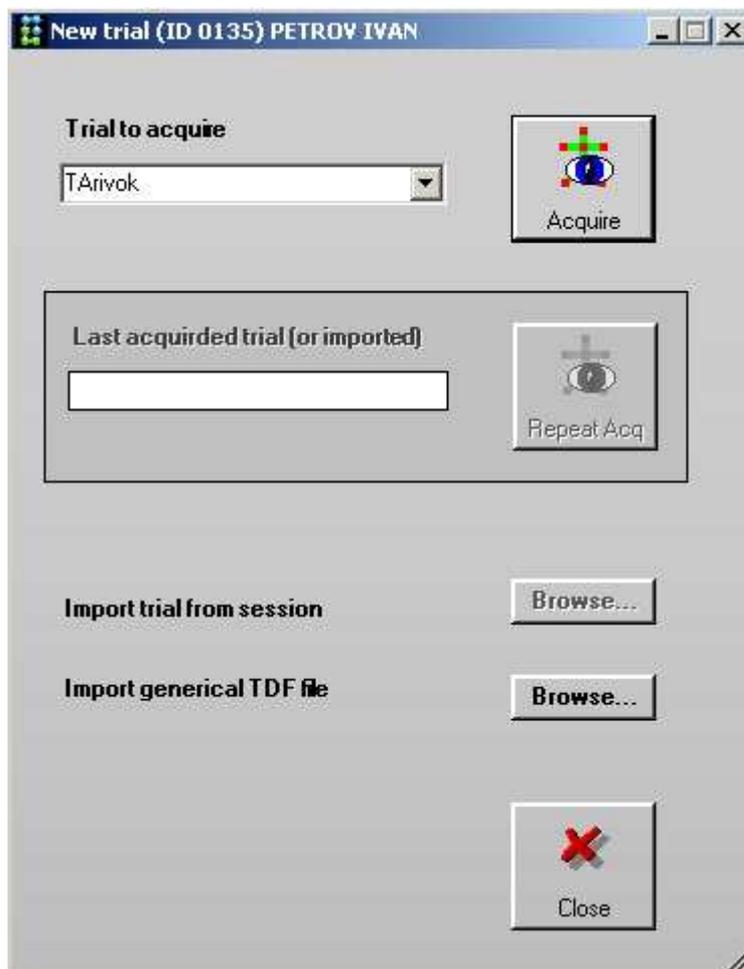


Рисунок 6 – Окно ввода новой пробы

В случае ошибки соединения с ЭМГ датчиками (рисунок 8) необходимо выйти из подпрограммы получения данных, заново активировать датчики ЭМГ и настроить их на прием команды о старте сбора данных.

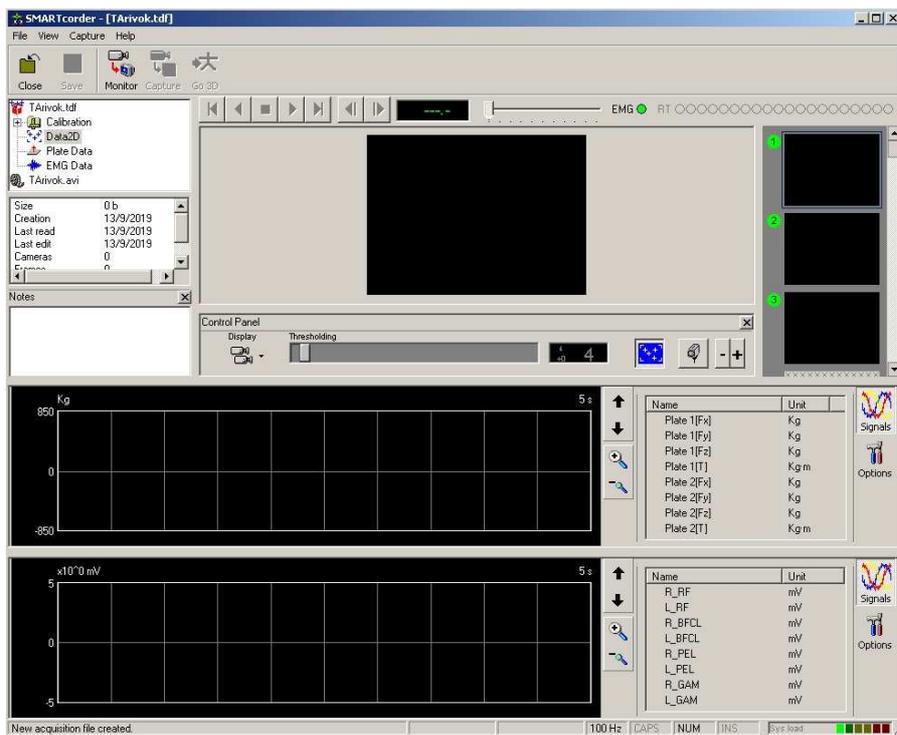


Рисунок 7 – Стартовое окно получения данных



Рисунок 8 – Ошибка соединения с ЭМГ датчиками

Далее необходимо нажать кнопку-пиктограмму “Monitor” (наблюдение). В случае успеха (рисунок 9) на экране монитора можно наблюдать графики с силой давления на силовые платформы, электромиографией, световозвращающие маркеры (в случае клика на соответствующие модули). Также разблокируется кнопка-пиктограмма “Capture” (захват).

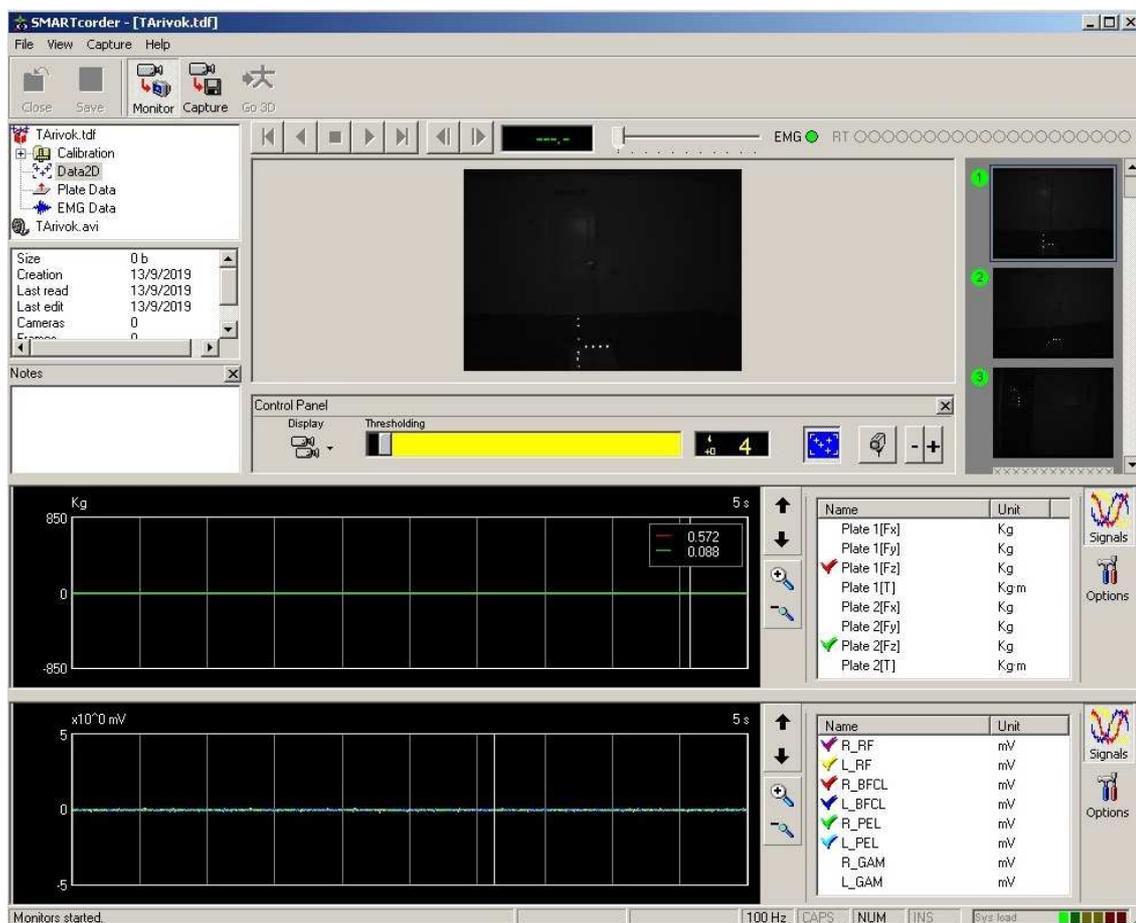


Рисунок 9 – Окно мониторинга получения данных

6. Получение, обработка данных и формирование отчета системой BTS SMART - Clinic

Получение данных

После выполнения всех подготовительных операций описанных ранее обследуемый должен встать на две силовые платформы лицом к видеокамере и приготовиться к совершению тестовых движений. Далее необходимо нажать кнопку-пиктограмму “Capture” (захват). После начала сохранения данных в буфер (рисунок 10), необходимо выполнить тестовые движения, соответствующие

выбранному протоколу (например, подъем штанги или прыжки). После окончания тестовых движений необходимо нажать кнопку-пиктограмму “Capture” (захват), запись данных в буфер прекратится, далее следует нажать кнопку Save (сохранить) для сохранения в памяти компьютера данных пробы из буфера.

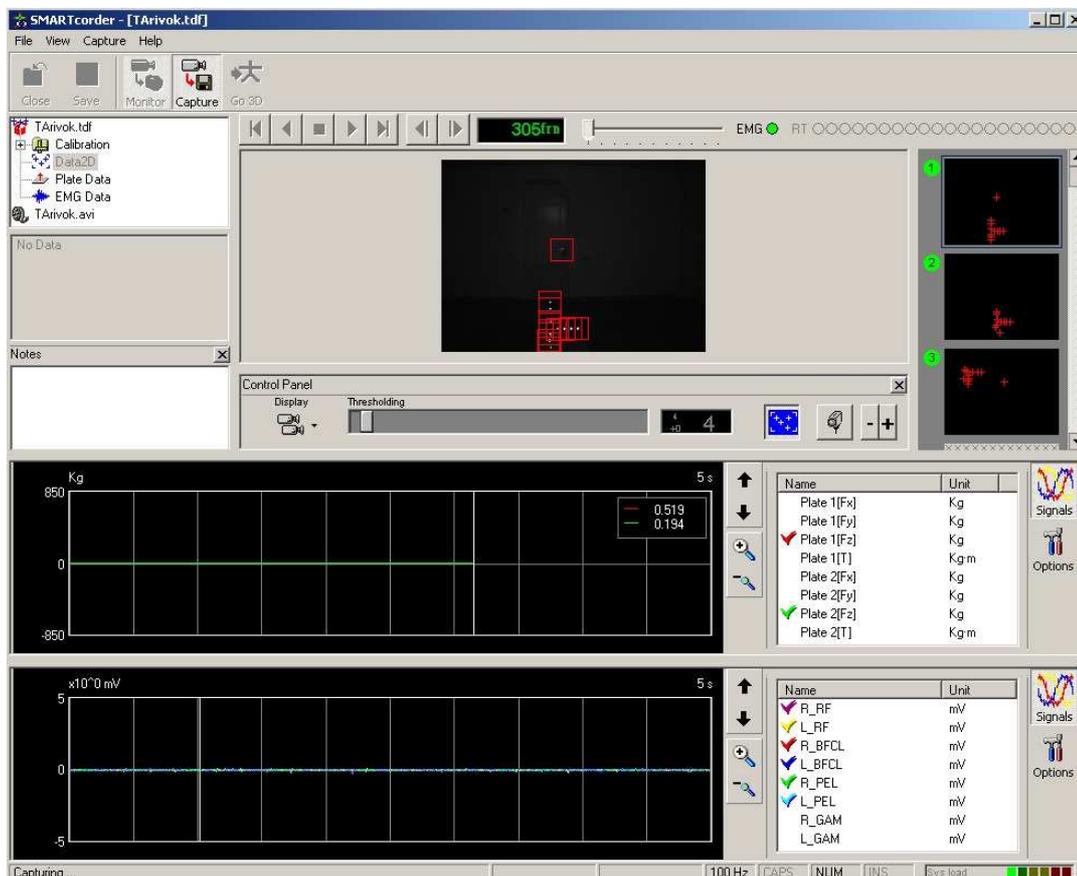


Рисунок 10 – Окно захвата данных

Обработка данных

Сырые данные пробы можно обработать протоколом (математическими операторами) и сформировать печатную версию отчета в любое удобное время. Для полной обработки данных пробы необходимо выполнить три этапа обработки данных: присвоение названий переменным (данным), преобразование данных в информацию, формирование печатной версии отчета.

Присвоение названий переменным

Для присвоения названий переменным необходимо мышью выбрать пробу в поле с пациентами (левая сторона окна) и перетащить ее в первое верхнее поле

обработки данных (Trials to be tracked). Далее необходимо нажать мышью на пиктограмму справа от поля (рисунок 11).

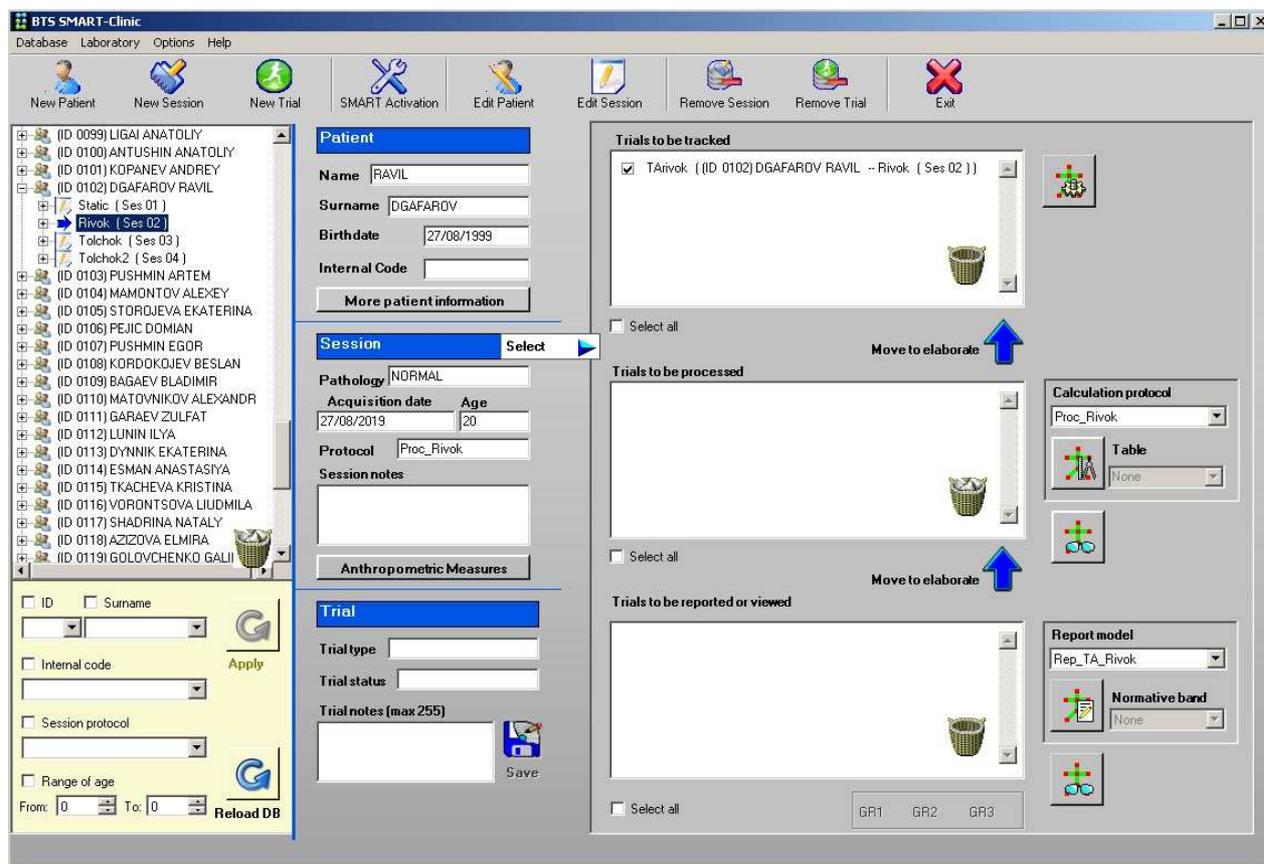


Рисунок 11 – Выбор пробы для обработки

Запустится просмотрщик пробы (рисунок 12). В данном окне можно увеличить или уменьшить масштаб пространства, переместить позицию наблюдателя, прокрутить шкалу времени вперед или назад. Далее необходимо выбрать подходящие объекты для анализа и присвоить им имена (рисунок 13, рисунок 14).

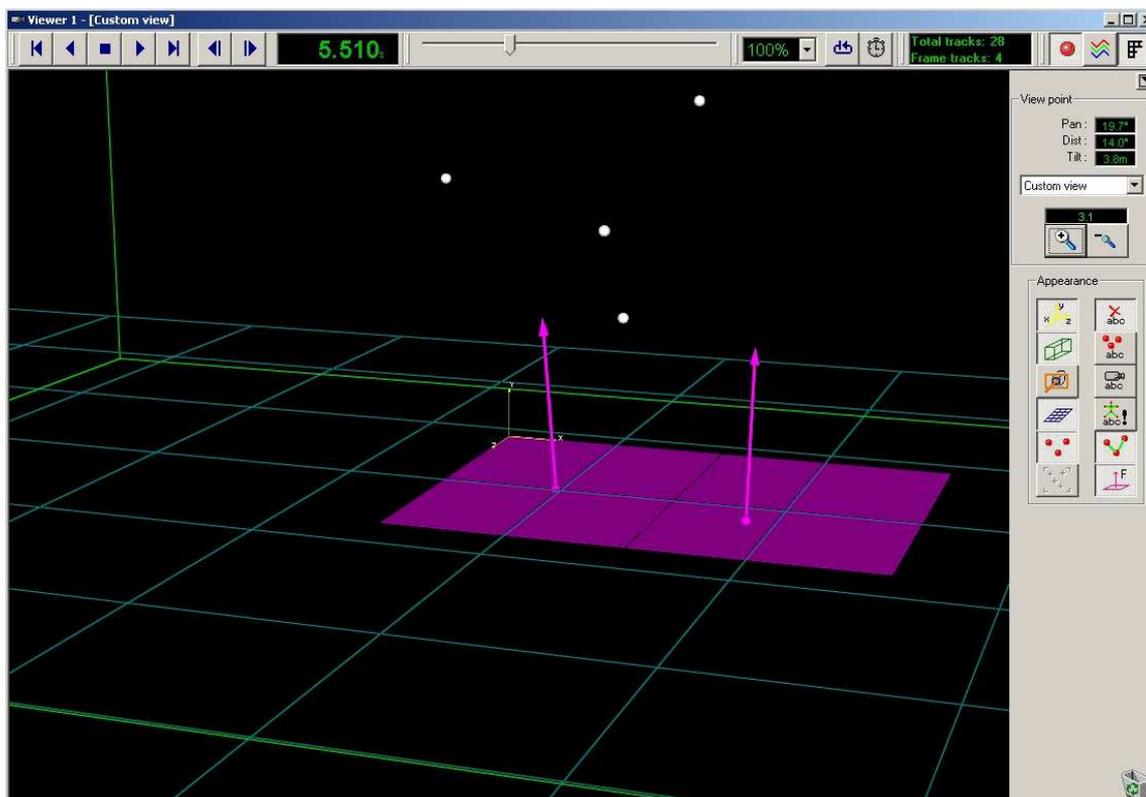


Рисунок 12 – Просмотр пробы



Рисунок 13 – присвоение вектору реакции опоры имени

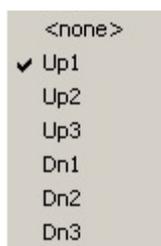


Рисунок 14 – присвоение светоотражающему маркеру имени

После завершения присвоения имен переменным необходимо сохранить изменения в пробе нажатием на кнопку “Сохранить” (Save). После этого обработанные данные пробы перемещаются на второй этап обработки.

Преобразование данных в информацию

Для преобразования данных в информацию необходимо мышью выбрать пробу в поле с пациентами (левая сторона окна) и перетащить ее во второе поле

обработки данных (Trials to be processed). Если на предыдущем этапе обработки данных присваивали имена и изменения были сохранены, то данные пробы автоматически переносятся во второе поле обработки данных. Далее необходимо нажать мышью на пиктограмму справа от поля (рисунок 15). Запустится просмотрщик пробы второго этапа (рисунок 16). В данном окне можно выставить метки времени событий эксперимента в соответствии с выбранным протоколом, просмотреть видеозапись движений с двух видеокамер. В процессе обработки в некоторых протоколах также вводятся числовые значения некоторых переменных. Далее происходит автоматическая обработка именованных данных математическими операторами.

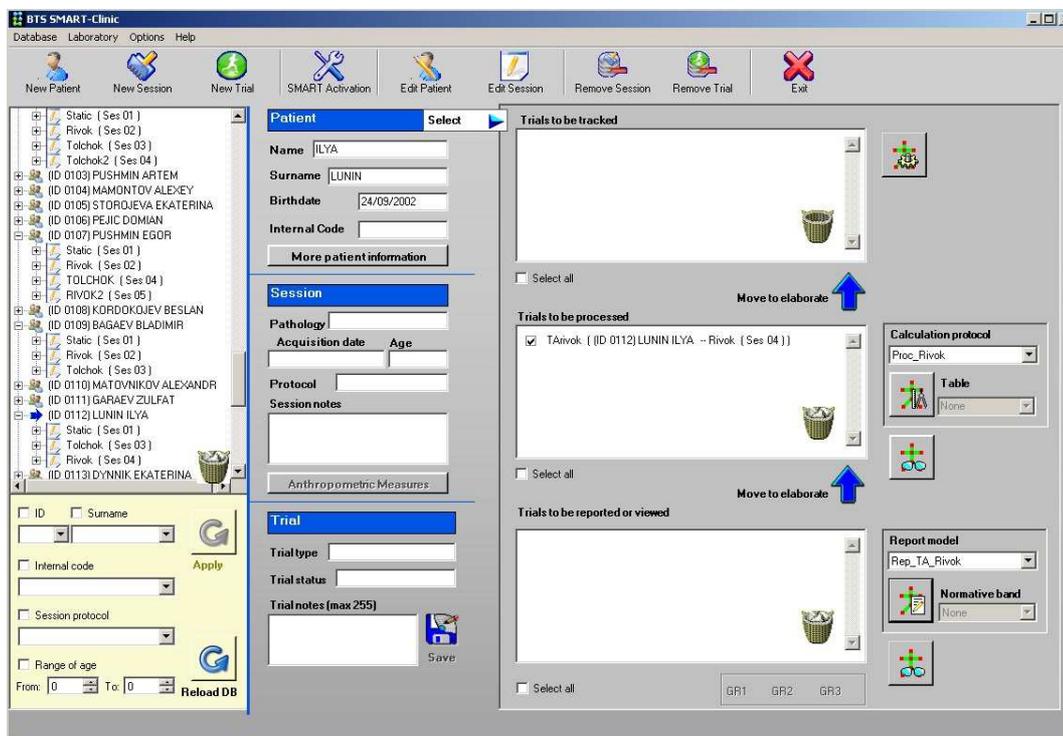


Рисунок 15 – Выбор именованных данных пробы для обработки

После завершения второго этапа обработки данных необходимо сохранить изменения в пробе нажатием на кнопку “Сохранить” (Save). После этого обработанные данные пробы перемещаются на третий этап обработки.

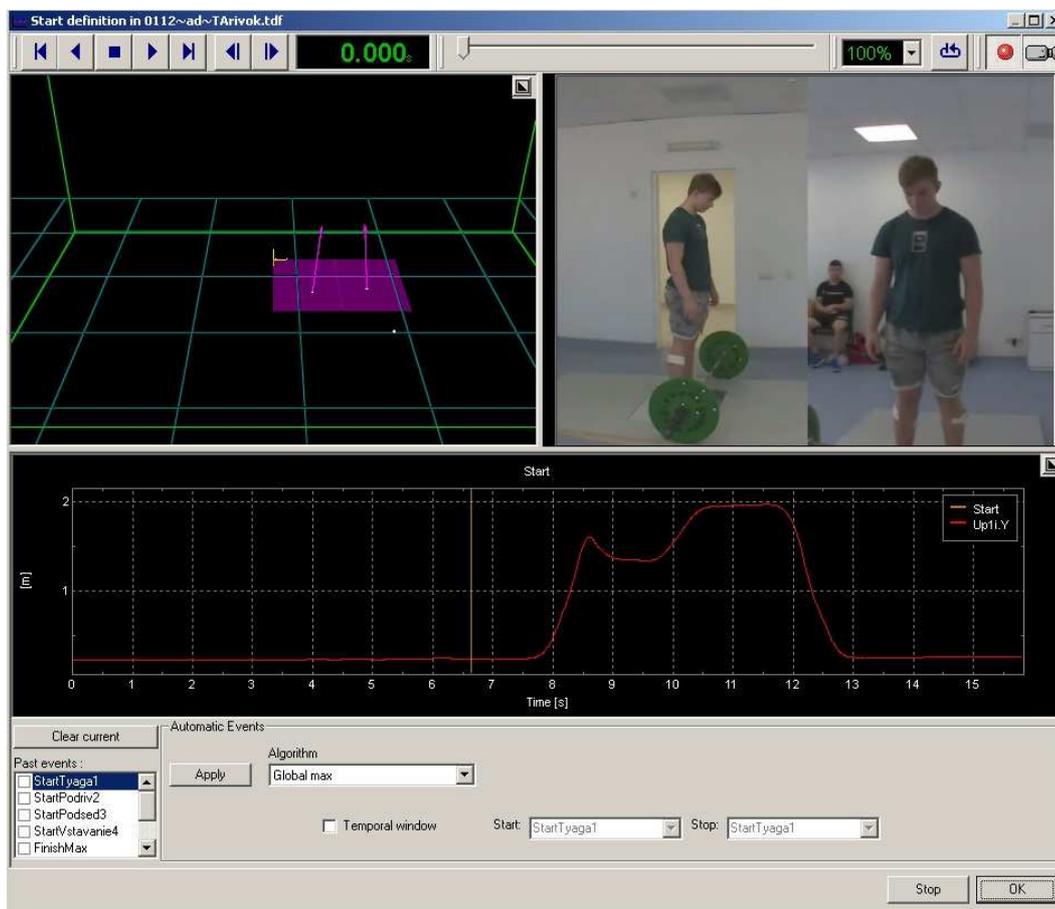


Рисунок 16 – Обработка именованных данных математическими операторами
Формирование отчета для печати

Для преобразования данных в информацию необходимо мышью выбрать пробу в поле с пациентами (левая сторона окна) и перетащить ее в третье поле обработки данных (Trials to be reported or viewed). Если на предыдущем этапе обработки данных именованные данные были обработаны математическими операторами и изменения были сохранены, то данные пробы автоматически переносятся в третье поле обработки данных. Далее необходимо нажать мышью на пиктограмму справа от поля (рисунок 17). Запустится предварительный просмотр печатной версии отчета (рисунок 18). В данном окне можно просмотреть печатную версию отчета и вывести ее на печать. В случае необходимости система позволяет модифицировать структуру и изменять содержание печатной версии отчета.

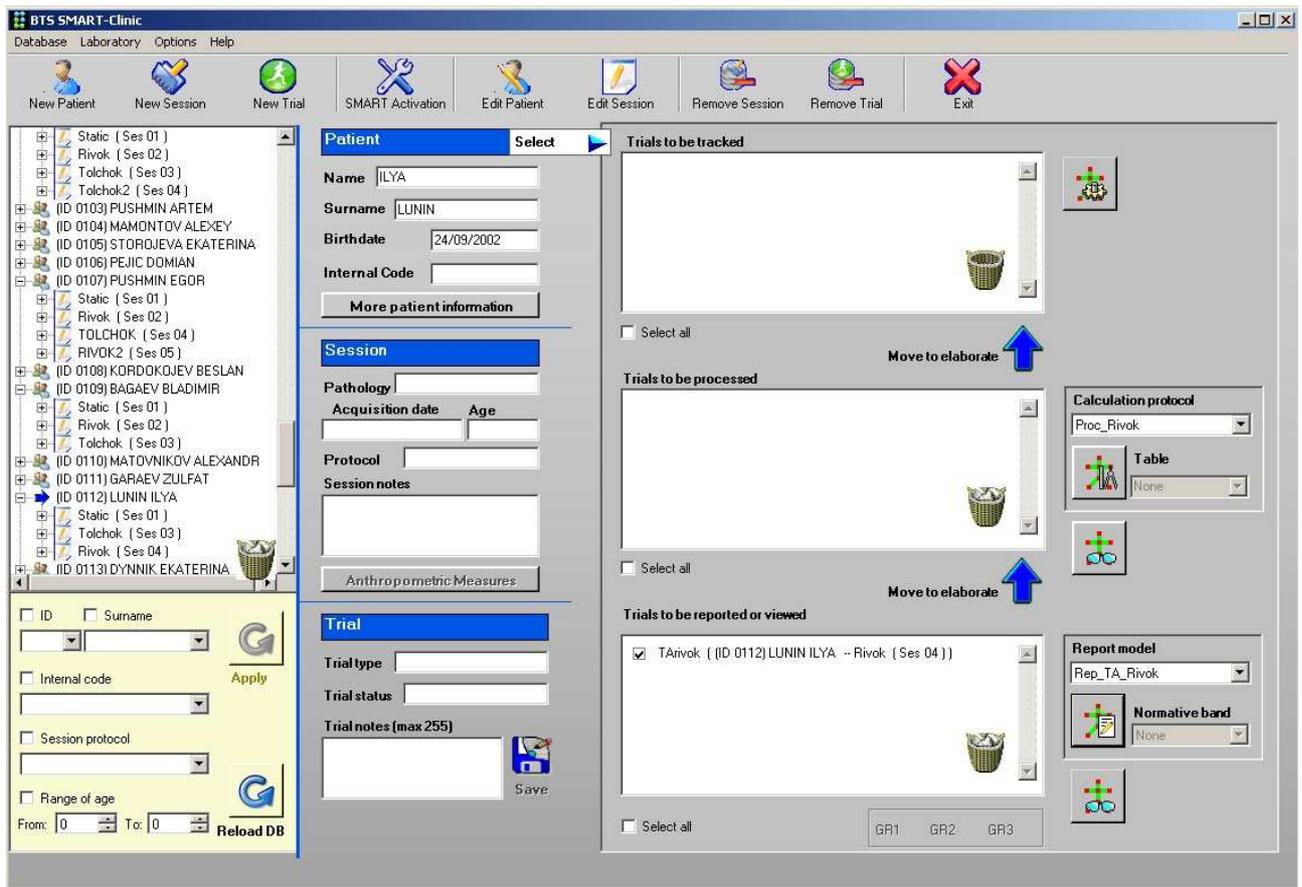


Рисунок 17 – Выбор данных пробы для формирования отчета для печати

Print Preview

PODIUM
FUNCTIONAL PERFORMANCE

BTS Bioengineering

WEIGHTLIFTING SNATCH (RIVOK)

Athlet details

First name	ILYA
Last name	LUNIN
Birthday	24/9/2002
Sex	M
Body Weight (kg)	93.295
Total height (m)	1.75
Session date	31/08/2019
Mass Shtanga (kg)	40



	Start0	Tyaga1	Podriv2	Podsed3	Vstavan4	Finish5	Itogo1-5
TimeLength (s)	1.05	0.54	0.21	1.14	1.14	0.94	5.02
MaxForw (cm)		-1.993	-8.055	-8.39	5.953	12.032	-8.39
MaxBack (cm)		5.602	5.973	8.023	11.933	16.497	16.497
LengthTrack (cm)		63.071	51.515	57.288	62.448	8.923	243.357
Delta3D (cm)		62.643	50.945	14.922	61.364	1.41	171.428
DeltaY1D (cm)		62.367	48.938	-2.688	61.097	1.239	170.952
Velocity							
VY1DMax (m/s)		1.82	2.586	2.415	0.979	0.049	2.586
VY1DMin (m/s)		0.21	1.815	-.953	0.025	-.095	-.953
VYUp1DAMax (m/s)		1.82	2.586	2.415	0.979	0.095	2.586
Power							
PUp1YMax (BT)		881.623	1720.452	512.336	414.464	19.472	1720.452
PUp1YMean1 (BT)		563.812	1169.209	-96.78	211.001	5.872	224.49
Ground Forces							
GRFLMean (kg)	49.042	84.901	18.089	69.791	70.587	65.067	64.158
GRFRMean (kg)	48.628	78.659	18.864	65.506	63.824	66.788	61.255
GRFL/GRF (%)	50.212	51.908	48.952	51.584	52.516	49.347	51.158
GRFR/GRF (%)	49.788	48.092	51.048	48.416	47.484	50.653	48.842
DiffGRFRL (%)	0.424	3.816	2.096	3.167	5.031	1.305	2.315

Maximum moving of barbell

	MinHeight (cm)	MaxHeight (cm)	MaxHDelta (cm)
	25.27	194.984	169.714

1

Page 1

Рисунок 18 – Предварительный просмотр печатной версии отчета

Редактирование пациента

Для изменения данных пациента необходимо выбрать мышкой соответствующего пациента и нажать кнопку-пиктограмму “Редактирование пациента” (Edit patient).

Удаление сессии

Для удаления определенной сессии необходимо выбрать мышкой соответствующую сессию и нажать кнопку-пиктограмму “Удалить сессию” (Remove Session).

Удаление пробы

Для удаления определенной пробы с данными необходимо выбрать мышкой соответствующую пробу и нажать кнопку-пиктограмму “Удалить пробу” (Remove Trial).

7. Работа с беспроводной системой ЭМГ диагностики BTS FREEEMG

BTS FREEEMG это полностью беспроводная система динамической электромиографической диагностики. BTS FREEEMG интегрировано с системой анализа движений BTS на базе специализированного программного обеспечения SMART системы BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия).

Использование датчиков ЭМГ

При использовании протоколов системы BTS Motion System для анализа движений, а также кинематических, кинетических, видео и электромиографических данных используются электромиографические (ЭМГ) датчики (рисунок 19). В разработанных протоколах система работает с 8 миниатюрными беспроводными датчиками с активными электродами весом менее 9 грамм. Частота дискретизации до 4 кГц и разрешение 16 бит обеспечивают высокое качество и точность сигнала, с низким уровнем шума и отсутствием артефактов. Дальность приема сигнала до 30 м между датчиками и регистратором, и до 350 м между регистратором и рабочей станцией.



Рисунок 19 – Беспроводной датчик ЭМГ системы BTS FREEEMG (вид сверху и снизу)

Требования при использовании датчиков ЭМГ:

При подключении датчиков к зарядному устройству необходимо соблюдать полярность, как это указано на крышке зарядного устройства; несоблюдение полярности может привести к выходу датчиков из строя.

Запрещается подвергать компоненты системы воздействию влаги.

Необходимо прикреплять датчики только на неповреждённые участки кожи.

Необходимо использовать гипоаллергенную двухстороннюю ленту, которая разрешена к использованию на неповрежденной коже в течение длительного периода времени.

Необходимо периодически проверять исправность системы и ее компонентов.

В случае падения устройства, износа датчиков или при иных неисправностях необходимо обратиться в авторизованную службу технической поддержки.

Устройство обладает высокой чувствительностью (диапазон измерений напряжения от 1 микровольт до 6 милливольт).

BTS FREEEMG - устройство, работающее в непрерывном режиме, которое ограничено только зарядом аккумулятора и свободной памятью для хранения полученных данных.

Комплект поставки системы BTS FREEEMG

1. Набор из 8 беспроводных ЭМГ датчиков (рисунок 20) с бирками для идентификации.
2. Приемник ЭМГ данных (рисунок 21 А).
3. Карманный персональный компьютер (КПК) HP iPAQ hx4700 (рисунок 21 Б).

4. Ремни для крепления к пациенту.
5. Стилус (в комплекте КПК).
6. Точка доступа.
7. Набор сменных электродов.
8. Зарядное устройство для датчиков (рисунок 22): зарядное устройство может одновременно обеспечивать зарядку до 8 датчиков.
9. Адаптер переменного тока.
10. Кабель USB- КПК.
11. Руководство пользователя с CD диском.
12. Карта памяти Secure Digital (для КПК).



Рисунок 20 – Беспроводные датчики ЭМГ системы BTS FREEEMG



Рисунок 21 – А – Приемник данных; Б – КПК HP iPAQ hx4700



Рисунок 22 – Зарядное устройство для датчиков ЭМГ

Каждый датчик имеет LED - индикатор, сообщающий статус датчика. Датчик может иметь следующий статус:

1. Зарядка: постоянно горит синий LED - индикатор. При зарядке горит синий LED - индикатор, датчик находится в пассивном состоянии и не отвечает на команды. Когда аккумулятор полностью заряжен, или когда датчик не подключён к зарядному устройству, но обладает достаточным запасом заряда, он переходит в неактивный режим.

2. Неактивный режим: мигающий в течение нескольких секунд белый LED - индикатор каждые 3 минуты. В неактивном режиме датчики не могут непосредственно использоваться спортсменами, но они постоянно находятся в спящем режиме и могут быть активированы программой. Когда датчик находится в неактивном режиме, он сканирует радио-частоты, при сканировании светится белый LED - индикатор.

3. Активный - сканирование: белый LED - индикатор мигает в течение нескольких секунд. В этом режиме датчик проводит поиск устройства пациента на заданном при активации канале. Сканирование частот длится около 3 секунд. Во время сканирования часто мигает белый LED - индикатор.

4. Активный - подключён: редко мигает белый LED - индикатор. Когда датчик устанавливает соединение с приемником, белый LED - индикатор начинает редко пульсировать: датчик ожидает команд. Если соединение прервано, датчик

возвращается в режим активного сканирования и пытается восстановить соединение.

5. Активный - сбор информации: светится белый LED -индикатор и выключается через определённые интервалы времени. При сборе информации белый LED - индикатор мигает через регулярные интервалы времени приблизительно в одну секунду. При завершении сбора информации датчик возвращается в режим “активный - подключён”. Если при сборе данных соединение с приемником прервано, датчик продолжает сбор данных, сохраняя их в своей памяти в течение минуты, и в это же время продолжает сканировать частоту выделенного канала, пытаясь восстановить соединение с приемником. Если сканирование безрезультатно, через минуту датчик возвращается в режим “активный-сканирование”, прекращая сохранение данных.

6. Датчик разряжен: LED - индикатор не горит. Если датчик полностью разряжен, LED - индикатор больше не мигает и выключается. Зарядка датчиков производится с помощью специального зарядного устройства, к которому датчики подключаются с помощью соответствующего фиксатора. Необходимо соблюдать полярность, следуя информации на крышке зарядного устройства (рисунок 23). При несоблюдении полярности зарядка датчиков невозможна.

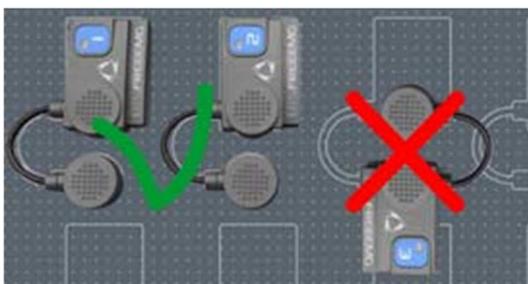


Рисунок 23 – зарядка ЭМГ датчиков: правильное и неправильное подключение

С помощью одного зарядного устройства можно одновременно заряжать до 8 ЭМГ – датчиков (рисунок 22). Для корректного подключения необходимо следовать схеме на зарядном устройстве. Зарядное устройство оборудовано устройством защитного отключения, срабатывающим также в случае несоблюдения полярности. При этом, если полюса зарядного устройства перепутаны, зарядка датчика не будет

производится. Для зарядки необходимо поставить все датчики, которые необходимо зарядить, на зарядку, включить адаптер в сеть и нажать кнопку выключателя на задней панели зарядного устройства.

Если зарядное устройство подключено в электрическую сеть надлежащим образом и включено, зеленый LED - индикатор питания светится.

Статус зарядки ЭМГ датчиков отображается с помощью LED - индикаторов (если датчики заряжаются, то они светятся синими светодиодами).

При подключении ЭМГ датчиков к зарядному устройству (которое подключено в электрическую сеть и включено), если заряд их батареи составляет менее 90%, происходит автоматический сброс датчиков; для того чтобы снова включить их для сбора данных, необходимо повторить процедуру активации.

Передача данных между BTS FREEEMG и рабочей станцией осуществляется в режиме реального времени по сети Wi-Fi. Этот тип передачи данных возможен благодаря использованию точки доступа, входящей в комплект системы.

Подключение BTS FREEEMG к рабочей станции (ноутбуку или настольному ПК), не имеющей Wi-Fi интерфейса, возможно через беспроводное соединение BTS FREEEMG к точке доступа, которая в свою очередь подключается к рабочей станции по сетевому Ethernet кабелю.

Точка доступа включает в себя готовую систему с сетевым именем (SSID) "BTSFREEEMG". Базовая конфигурация системы BTS Motion System (заводские настройки) использует сетевые адреса представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Заводские настройки сетевых адресов устройств

Название устройства	IP-адрес
точка доступа	192.168.1.1
BTS FREEEMG	192.168.1.2
рабочая станция	автоматически определяется точкой доступа

Перед началом работы необходимо проверить наличие беспроводного соединения КПК и устройств сбора данных (датчиков ЭМГ), для этого необходимо включить BTS FREEEMG (приемник данных - рисунок 21А и КПК HP iPAQ hx4700

- рисунок 21Б). После полной загрузки программного обеспечения BTS FREEEMG на дисплее КПК появится начальное окно программы (рисунок 24).



Рисунок 24 – Начальное окно программы BTS FREEEMG

Первое подключение

BTS FREEEMG поставляется с программным обеспечением, уже установленным и сконфигурированным на КПК. Однако, если устройство подключается впервые или после сбоя, то рекомендуется выполнить следующие проверки:

1.Проверка соединения

Пользовательский ПК связывается с BTS FREEEMG через точку доступа, используя протокол Wi-Fi. Необходимо проверить локальные сетевые настройки, как указано в конфигурации BTS по умолчанию, IP-адрес пользовательского ПК определяется автоматически точкой доступа.

Необходимо проверить конфигурацию ПО, установленного на ПК. Для этого нужно запустить соответствующую программу, в пункте меню “EMG-устройство” выбрать “IP and Port Config”. Правильные настройки IP-адреса и порта подключения: IP-адрес: 192.168.1.2, порт: 8000. Если значения не соответствуют вышеуказанным параметрам, необходимо изменить их кликом на кнопку “обновить” перед тем, как закрыть окно.

Необходимо включить BTS FREEEMG, дождаться окончания загрузки приложения для сбора данных, выбрать режим удалённого доступа, кликнув на пункт меню “режим удалённого доступа” (REMOTE).

Если настройки Wi-Fi соединения между приемником и рабочей станцией правильные, то после нажатия кнопки “режим удалённого доступа”, загорится синий индикатор сети на передней панели BTS FREEEMG с логотипом Wi-Fi.

При запуске в режиме удалённого доступа в рабочей зоне могут быть обнаружены несколько беспроводных сетей. Необходимо использовать беспроводную сеть “BTSFREEEMG”, игнорируя остальные.

Необходимо запустить на рабочей станции приложение SMART и подождать пока соответствующий LED-индикатор, сообщающий о статусе Wi-Fi соединения между приемником и рабочей станции, не изменит цвет с красного на мигающий зеленый.

2. Проверка визуализации корректных данных

Во время первого подключения необходимо проверить работу датчиков, а также корректность отображения данных на экране BTS FREEEMG.

Для этого необходимо активировать все заряженные ЭМГ-датчики, как указано ниже в разделе “Руководство пользователя программного обеспечения BTS FREEEMG” с помощью нажатия кнопки “активировать” (ACTIVATE) (рисунок 24). Когда на дисплее будут отображены все активные датчики, нужно выбрать режим удалённого доступа, кликнув по кнопке “режим удалённого доступа” (REMOTE) (рисунок 24). Затем выбрать протокол по умолчанию, нажать стилусом кнопку “настройка датчиков” в меню и подождать до тех пор, пока будут распознаны все активные датчики (соответствующее поле окрашивается в зеленый цвет).

Для проверки корректной работы ЭМГ - датчиков необходимо расположить пару электродов на мышце (см. параграф “Подготовка пациента”) и подсоединить датчик номер 1. Затем выбрать подменю цифровой осциллограф (усиление – Adjust range) и проверить усиление сигнала с датчика 1. Далее повторить процедуру подключения остальных датчиков по аналогии с первым датчиком.

После активации всех необходимых датчиков, необходимо вернуться в режим удалённого доступа кликом по соответствующей кнопке. С рабочей станции подготовить протокол сбора информации для восьми датчиков, подключённых к вашей системе, а также обеспечить передачу этого протокола с рабочей станции на BTS FREEEMG. После выбора протокола, нужно нажать кнопку “настройка датчиков” в меню и связать каждый канал с соответствующим датчиком, убедившись в том, что все они распознаны (соответствующее поле должно быть зеленым) в подменю настройка датчиков (Probes setup”).

Подготовка пациента

Перед прикреплением электродов с гелем к мышцам необходимо тщательно подготовить соответствующие области на коже пациента.

Примечание: условия на тех участках кожи пациента, к которым крепятся электроды, влияют на качество принимаемого сигнала.

Необходимо закрепить датчики, которые были активированы ранее, к электродам с помощью соответствующих фиксаторов. Желательно дополнительно закрепить датчики на коже пластырем.

Во время процедуры подготовки пациента можно проверить с помощью осциллографа функцию усиления приёмника, правильность расположения электродов, а также проверить настройки усиления сигнала на ЭМГ каналах.

Также возможно одновременно сравнить два ЭМГ канала с помощью функции “перекрёстная проверка” в подменю цифровой осциллограф (перекрёстная проверка – Cross check”).

После завершения всех проверок можно приступить к сессии сбора данных.

Начальный экран программного обеспечения BTS FREEEMG

При запуске на КПК программного обеспечения BTS FREEEMG открывается начальное окно с шестью кнопками “локальный” (LOCAL), “удалённый” (REMOTE), “загрузить” (DOWNLOAD), “конфигурировать” (CONFIG), “активировать” (ACTIVATE) и “выход” (EXIT) (рисунок 24).

Кнопка “активировать” (ACTIVATE)

Кнопка “активировать” позволяет активировать только те датчики, которые должны использоваться при сборе данных и назначить за ними отдельный канал.

Для вызова окна активации необходимо нажать стилусом эту кнопку (рисунок 25).

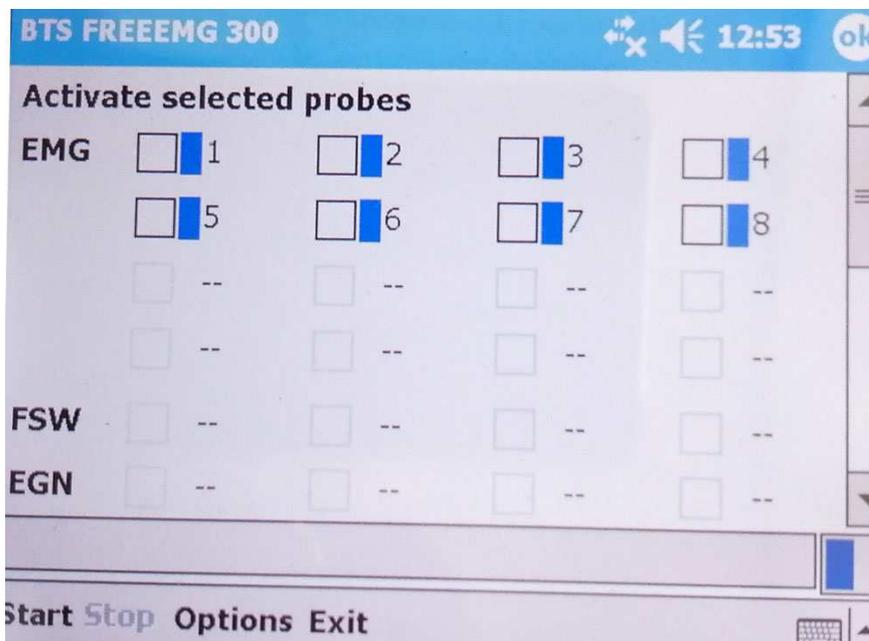


Рисунок 25 – начальное окно активации датчиков ЭМГ

На каждом датчике есть цифровое (буквенное) и цветное обозначение, соответствующее ID номеру датчика.

Кликом на “опции” и “показать ID код датчика” можно перейти к просмотру ID кода датчика, который изображён на фиксаторе каждого датчика.

Для активации нужно выбрать датчик, который используется для сбора данных, отметив флажком соответствующее поле (рисунок 26).

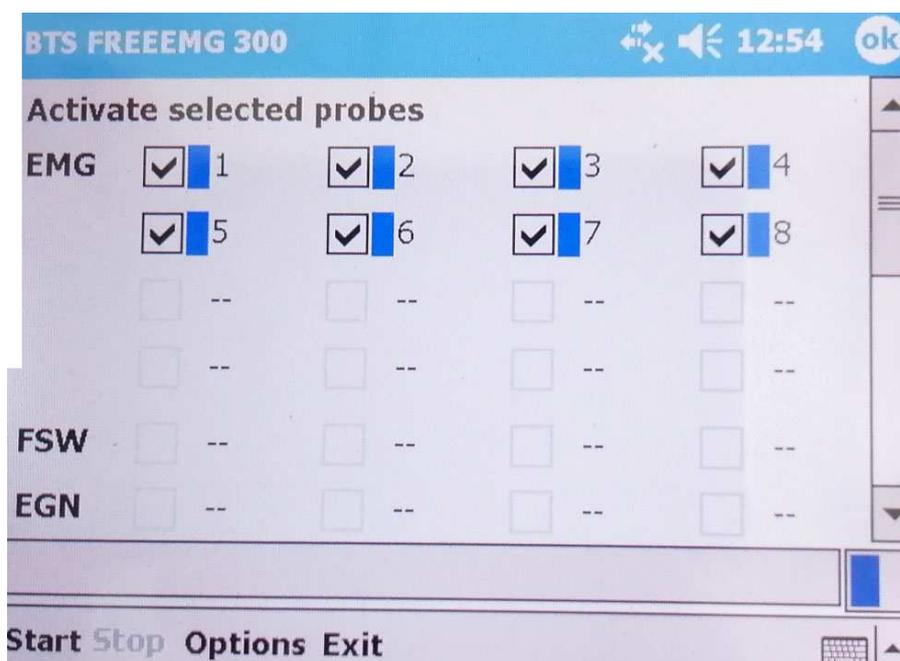


Рисунок 26 – Выбор датчиков ЭМГ в окне активации

До того как перейти к процедуре активации нужно подключить датчики к зарядной станции. Эта операция вызывает сброс и выключение всех датчиков, которые были активированы, за исключением датчиков, заряженных более чем на 90% (для сброса и активации датчиков рекомендуется использовать магнит, путем приближения на несколько секунд магнита к датчику).

В случае сбоя связи с активированными ранее датчиками (даже с одним из них) необходимо заново сбросить и активировать все датчики.

Для успешной активации датчиков необходимо, чтобы они были заряжены до определённого уровня. Для запуска процедуры активации необходимо нажать кнопку “пуск” (Start) в программном обеспечении BTS FREEEMG.

Датчики можно активировать если они отключены от зарядного устройства. Необходимо отключить датчики от зарядного устройства и приблизить на несколько секунд магнит к датчику (во время сброса датчик мигнет белым светодиодом), после этого BTS FREEEMG установит связь с выбранным датчиком (датчик активируется). Если датчик обнаружен и активирован, то он будет подсвечен в зеленом поле, как показано на рисунке 27.

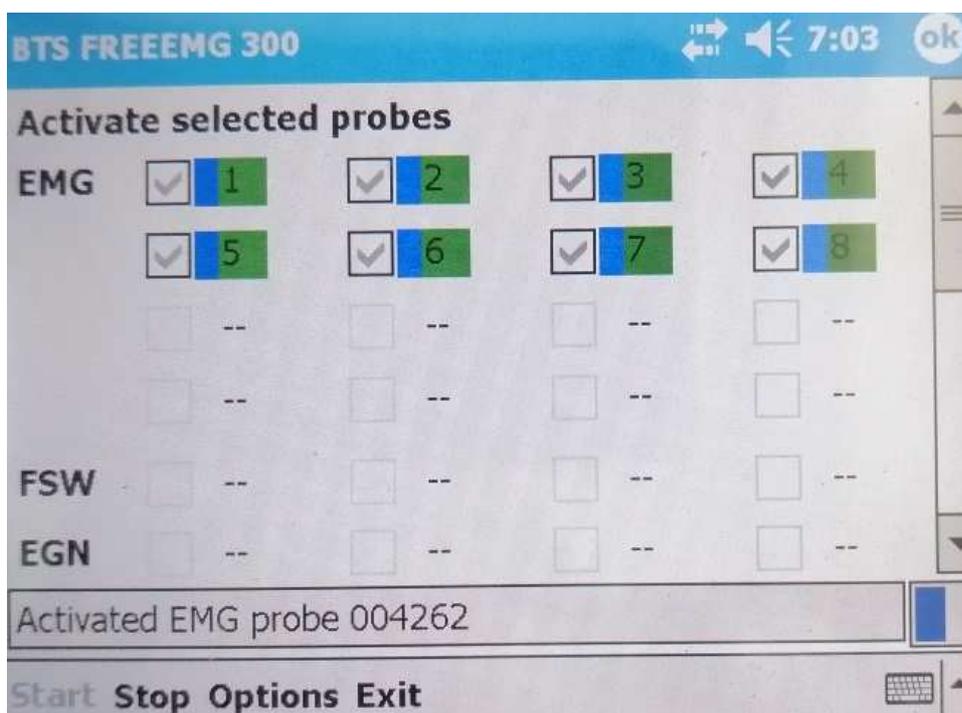


Рисунок 27 – Активация датчиков ЭМГ в окне активации

Если все выбранные ЭМГ - датчики отмечены как активированные, то нужно нажать кнопку “стоп” (Stop) для остановки процедуры активации. Нажатие кнопки “выход” (Exit) позволяет вернуться к первоначальному окну программы.

Выбор рабочего режима

Первые две верхние кнопки (красная и желтая) позволяют пользователю выбрать желаемый рабочий режим: кнопка “локальный” (LOCAL) - холтеровский режим, кнопка “режим удалённого доступа” (REMOTE) – основной режим удаленного получения ЭМГ данных.

Кликом по соответствующей кнопке можно перевести программу в требуемый режим управления. А именно, при нажатии кнопок “локальный” (LOCAL) и “режим удалённого доступа” (REMOTE) можно увидеть окна представленные на рисунках 28 и 29.

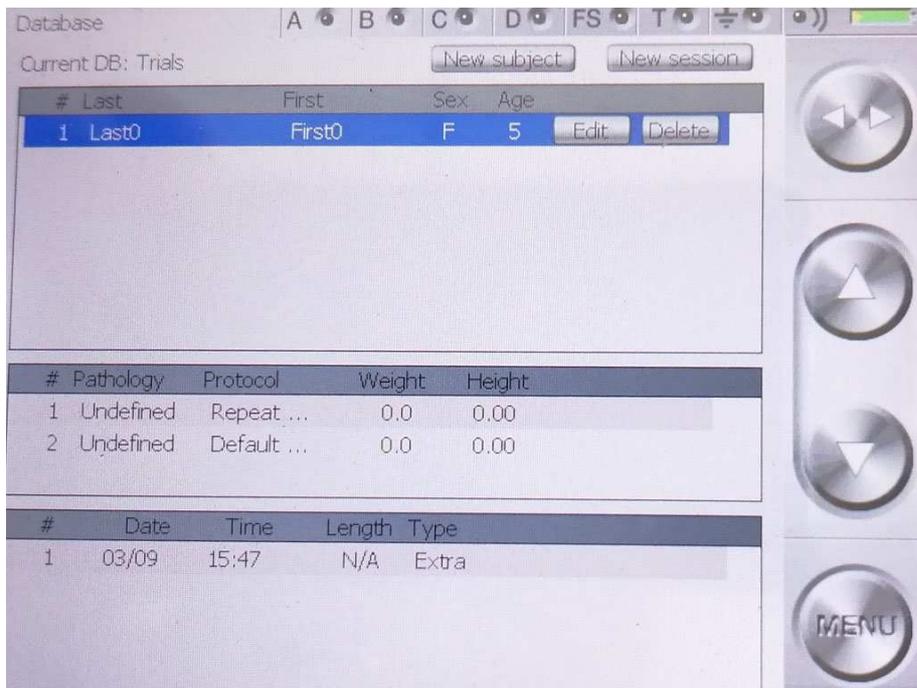


Рисунок 28 – Холтеровский режим (LOCAL)

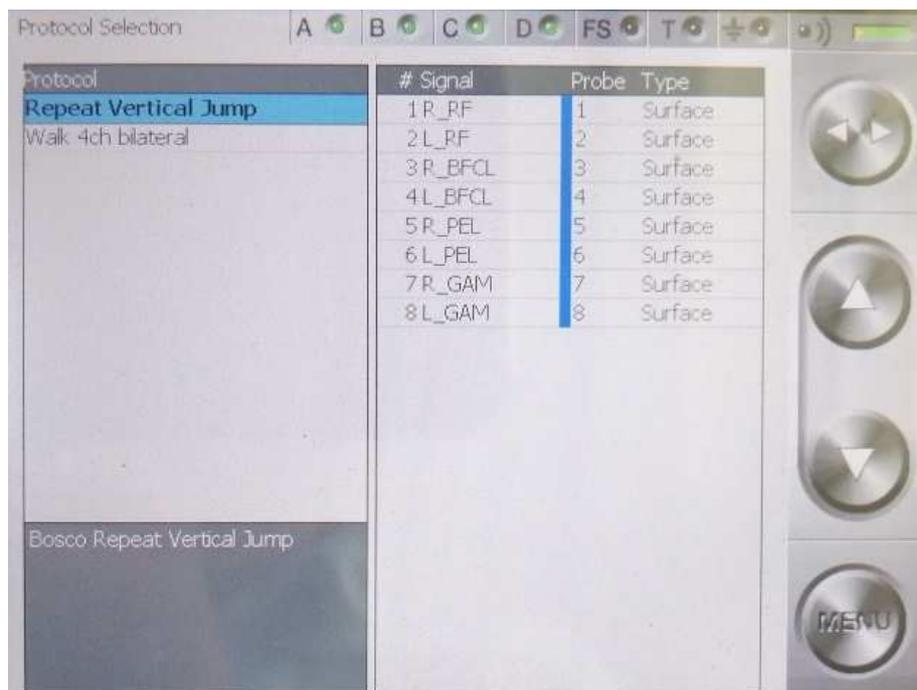


Рисунок 29 – Режим удалённого доступа (REMOTE)

При использовании протоколов системы BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия) используется “режим удалённого доступа” (REMOTE).

Кнопка “режим удалённого доступа” (REMOTE)

В этом режиме всегда поддерживается соединение между приемником и рабочей станцией.

Характеристики режима:

- передача данных на рабочую станцию для визуализации на удалённом осциллографе;
- передача данных в конце сессии сбора данных;
- продолжительность сбора данных и пуск/остановка контролируются с удаленного ПК.

Описание основных панелей и меню

На многих окнах BTS FREEEMG есть панель кнопок с правой стороны, а также панель состояния сверху.

Панель состояния

На панели состояния отображаются:

- название активной страницы;
- условия 4 передатчиков, указанных буквами А, В, С, D. Программа может работать с несколькими датчиками. Когда идет передача сигнала от датчика постоянно горит LED-индикатор соответствующего передатчика;
- уровень заряда аккумулятора.

Меню “режима удалённого доступа”

Нажатием кнопки “меню” на панели кнопок можно перейти в меню режима удалённого доступа (рисунок 30).

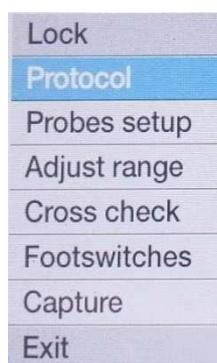


Рисунок 30 – меню “режима удалённого доступа” (REMOTE)

В меню режима удалённого доступа можно изучить и использовать функции BTS FREEEMG.

Для перехода на страницу нужно выбрать соответствующую иконку, кликнув с помощью стилуса по необходимой кнопке или используя кнопки “вверх” и “вниз”.

Подменю протокол (Protocol)

С помощью этого пункта пользователь может выбрать протокол, ранее созданный пользователем. Если ранее протокол еще не был создан или не загружен, то возможно использование протокола по умолчанию.

Протокол можно выбрать, пролистав список на левой панели с помощью кнопок Вверх и Вниз на панели кнопок. Выбранный протокол будет подсвечен синим цветом.

Новый протокол в программу BTS FREEEMG можно загрузить с удаленной рабочей станции с помощью программного обеспечения SMART (рисунок 31).

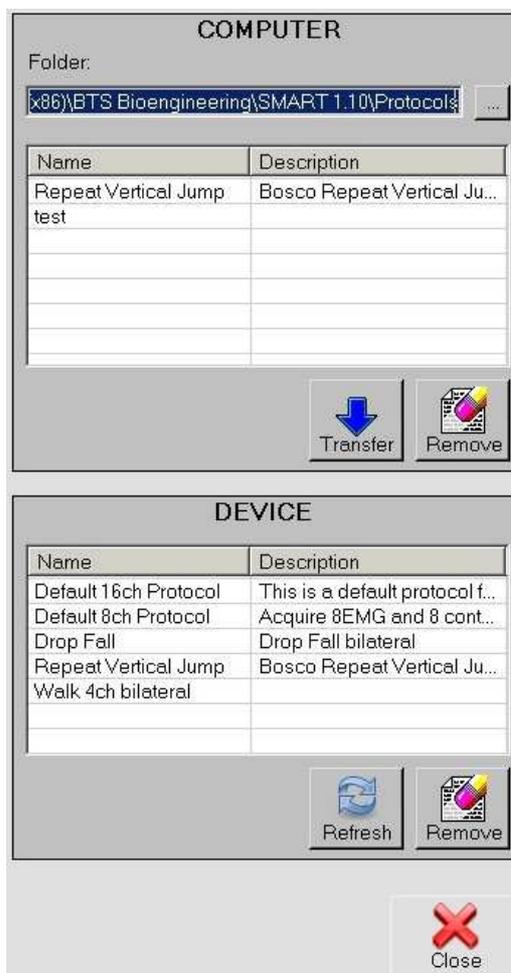


Рисунок 31 – просмотр и управление протоколами BTS FREEEMG с рабочей станции

Подменю настройка датчиков (Probes setup)

Когда определён новый протокол, пользователю необходимо ассоциировать физические каналы для сбора данных с пунктами протокола (названиями мышц).

Кликнув на кнопку “настройка датчиков” в меню откроется окно настройки датчиков (рисунок 32):

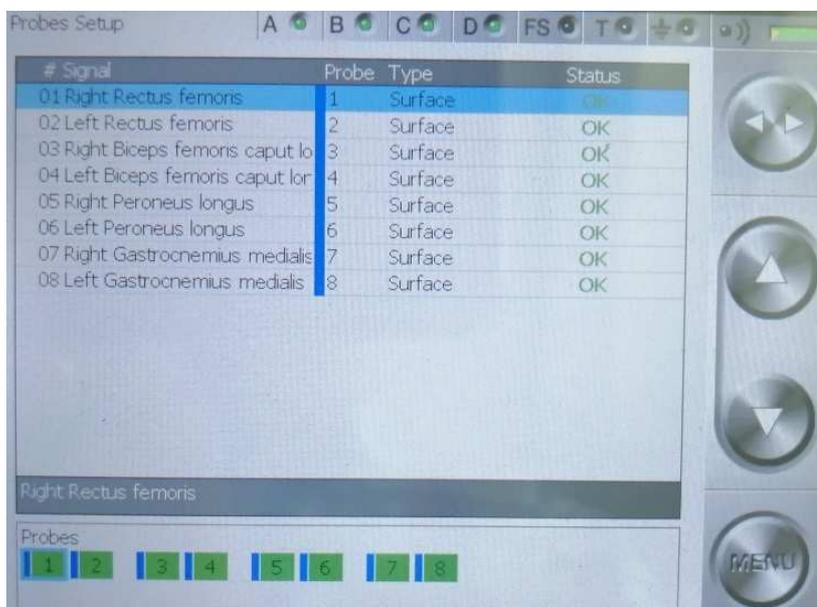


Рисунок 32 – подменю “настройка датчиков” (Probes setup)

Здесь выделяются две зоны:

- таблица ассоциации пунктов протокола с датчиками;
- зона “датчики”.

В таблице по каждому пункту протокола, выбранному ранее в разделе “протокол” будут отображены:

- идентификатор ассоциированного датчика (цветовая или цифровая/буквенная маркировка), если не было ассоциировано ни одного датчика, поле устанавливается на “--”;

- тип датчика: поверхностный, ножной переключатель, электрогониометр;
- статус датчика:

1. ОК: сигнал /датчик корректно проассоциированы; активируемый датчик выбран и подключён к приемнику;

2. НЕ ПОДКЛЮЧЕН: сигнал/датчик корректно проассоциированы, датчик выбран, но не подключён к приемнику;

3. "--" : датчик не задан.

- НЕ АКТИВИРОВАН: сигнал протокола проассоциирован с датчиком, но не выбран пункт "активировать" датчик;

- ОШИБКА: сигнал/датчик проассоциированы некорректно, т.к. тип датчика по протоколу не соответствует фактическому датчику.

В зоне "датчики" (прямоугольник внизу) расположен список датчиков, выбранных для активации, с указанием их статуса. А именно, поля, ассоциированные с каналами, имеют различные цвета:

- зеленый: выбранный датчик для активации подключён к приемнику и ассоциирован;

- серый: выбранный датчик для активации подключён к приемнику, но не ассоциирован ни с одним сигналом протокола;

- оранжевый: выбранный датчик для активации не подключён к приемнику, но ассоциирован с сигналом протокола (в поле статуса протокола отображается "НЕ ПОДКЛЮЧЕН");

- белый: выбранный датчик для активации не подключён к приемнику и не ассоциирован ни с одним сигналом протокола;

- красный: выбранный датчик для активации подключён к приемнику и ассоциирован с сигналом протокола, но тип датчика по протоколу не соответствует фактическому датчику (в поле статуса протокола отображается "ОШИБКА").

Для ассоциации датчика с сигналом необходимо:

1. Выбрать сигнал с помощью кнопок "вверх"- "вниз".

2. Выбрать поле "датчик" с помощью кнопок навигации.

3. Выбрать из имеющихся в наличии датчиков (будут предложены все датчики в зоне) датчик для ассоциации с подсвеченным сигналом.

4. Выбрать с помощью кнопок навигации описание (весь ряд).

5. Перейти к следующему описанию с помощью кнопки “вниз”, повторить процедуру, начиная с п.2 для ассоциации канала со следующим пунктом протокола.

Перед запуском сессии сбора данных пользователь должен подтвердить статус каждого протокола нажатием кнопки ОК.

Подменю цифровой осциллограф (усиление – Adjust range)

С помощью BTS FREEEMG пользователь может настроить до трех различных диапазонов значений для лучшего наблюдения за мышечными сокращениями.

Можно выбрать следующие значения усиления сигнала с датчиков ЭМГ:

- S1: 6,34 мВ;

- S2: 3,17 мВ;

- S3: 1,62 мВ.

На странице “усиление” можно проверить правильность размещения электродов (отсутствуют посторонние шумы или движения), а также правильность отображения сигналов. При необходимости можно изменить диапазон значений, заданный в разделе “конфигурация”.

Для этого с помощью осциллографа в течение нескольких секунд необходимо наблюдать в реальном времени за мышечной активностью каждой мышцы, которые нужно проанализировать, попросив пациента проделать несколько движений.

Если интенсивность работы мышцы очень низкая, т.е. очень сложно провести различия между напряжённой мышцей и мышцей в состоянии покоя, то в таком случае необходимо уменьшить диапазон (система соответственно увеличит мощность сигнала).

Если сигнал слишком мощный (т.е. при напряжении мышцы сигнал находится в оранжевой зоне или выходит за ее пределы), необходимо увеличить диапазон (система соответственно уменьшит мощность сигнала). Необходимо помнить о том, что базовое значение диапазона будет одинаковым для всех полученных сигналов. Поэтому нужно выбрать значение, позволяющее наилучшим образом видеть одновременно все каналы без искажений.

Если выбранный диапазон не достаточен для отображения всей динамики сигнала, то сигнал при напряжении мышцы будет слишком мощным, что будет отображаться как ровное плато значений измерений в пределах заданного диапазона.

С другой стороны, если сигнал слишком слабый, поддержание высокого диапазона не будет ошибкой. Однако рекомендуется уменьшить диапазон насколько возможно для лучшего цифрового отображения графика полученных значений.

Усиление, применяемое при получении ЭМГ - сигналов, управляется при помощи приложения в пределах заданного диапазона, выбор диапазона должен производиться с большой осторожностью, т.к. он влияет не только на изображение, но и на сам сигнал (это не просто масштабирование!).

Подменю цифровой осциллограф (перекрёстная проверка – Cross check)

Цифровой осциллограф очень эффективен в фазе подготовки пациента, позволяя оператору проверить правильность расположения электродов до начала фактического получения сигнала.

Возможность одновременного отображения двух траекторий исключает возможность переходных помех: это явление проявляется как наличие электрической активности на траектории движения мышцы, не включающей исследуемую мышцу.

Для визуализации заданных сигналов необходимо выбрать поле “сигнал 1”, затем “сигнал 2” с помощью кнопок навигации, и пролистать список сигналов, включённых в протокол с помощью кнопок “вверх” и “вниз”.

Текущий дисплей может быть увеличен или уменьшен при помощи функции “масштаб”: однако это не влияет на считываемые данные.

Поле “время” может быть использовано для проверки скорости отображения сигналов на экране (это однако не влияет на считываемые данные, только на их изображение на экране).

Подменю захват (Capture)

По завершению всех предварительных операций и проверок можно приступить к сбору данных. При нажатии кнопки “захват” (Capture) в главном меню появится окно представленное на рисунке 33.

На экране изображена информация о системе:

- статус: режим готовности
- режим: автономный
- данные: нет

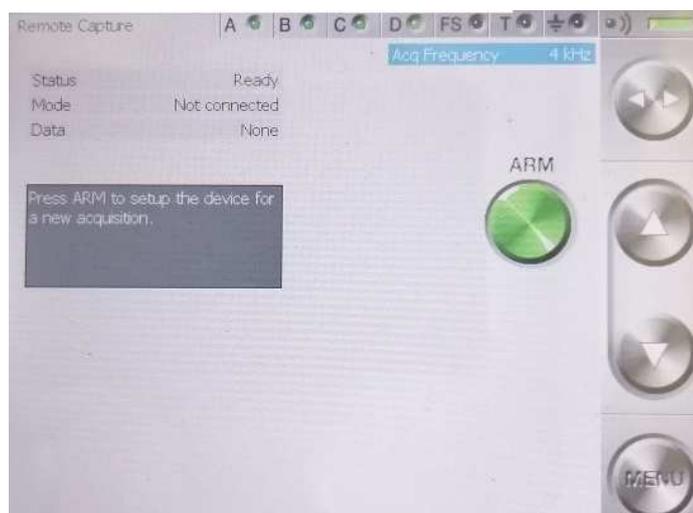


Рисунок 33 – подменю “захват” (Capture)

Для сбора данных в режиме “удалённого доступа” (REMOTE) в BTS FREEEMG не должно быть не сохраненных данных (рисунок 34).

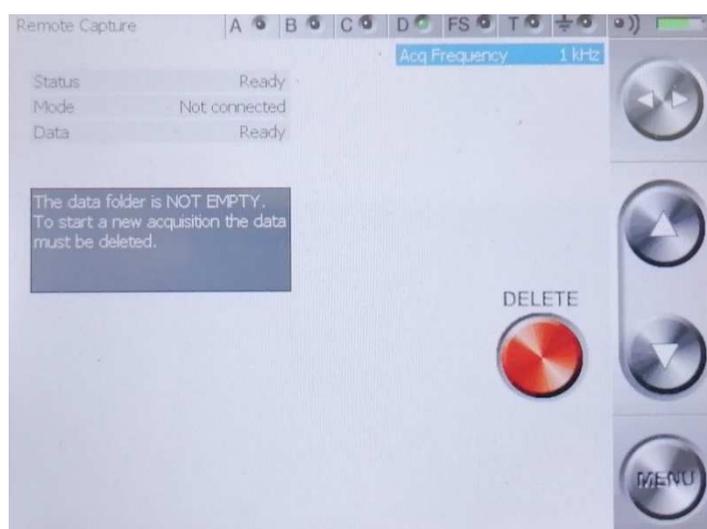


Рисунок 34 – подменю “захват” (Capture) – произошла ошибка при передаче данных и в буфере хранятся несохраненные данные

Не сохраненные данные в буфере могут появиться в случае потери Wi-Fi связи между BTS FREEEMG и рабочей станцией во время последнего сбора данных или в случае ошибки передачи данных.

При этом, в окне, которое появляется после выбора функции “захват” в главном меню, вместо кнопки “рука” (ARM) появится кнопка “удалить”, а статус поля “данные” будет “готов”.

Для удаления данных нужно нажать кнопку “удалить” (DELETE), при этом система запросит подтверждение удаления. Нужно ответить “ДА”. После удаления данных кнопка “рука” появляется вновь, а статус поля данных становится: “Нет”; таким образом можно приступить к сбору данных.

Перед включением системы можно установить частоту дискретизации с помощью кнопок “вверх” и “вниз” на панели кнопок.

Для подготовки системы к сбору ЭМГ данных необходимо перевести ее в это состояние с помощью кнопки “рука” (ARM) (рисунок 35): на экране появятся кнопки “заблокировать” (LOCK) и “отмена” (CANCEL); теперь можно перейти к сбору данных в режиме удалённого доступа. На этом этапе уже невозможно изменить частоту дискретизации сбора данных.

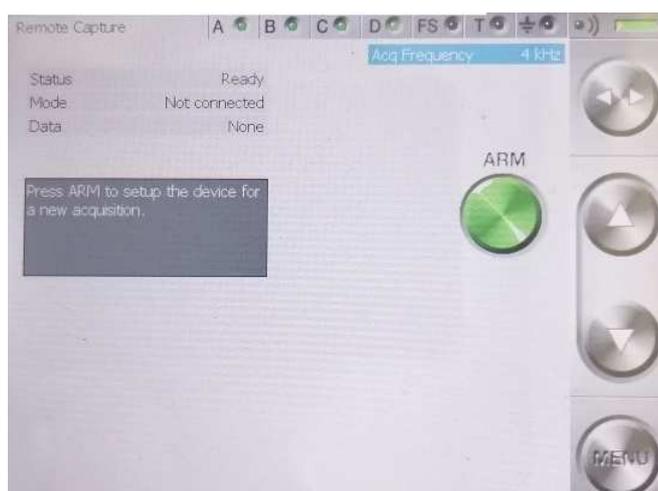


Рисунок 35 – BTS FREEEMG готова к сбору данных и ждет команды с удаленного ПК для начала процедуры сбора данных

При удаленном запуске процедуры сбора данных BTS FREEEMG автоматически переходит в режим блокировки. Разблокировка КПК происходит автоматически при окончании процедуры записи данных в программном обеспечении SMART. Для разблокировки КПК также можно нажать кнопку “разблокировать”. Для завершения этой процедуры необходимо снова нажать эту кнопку, прежде чем она вернется в прежнее положение.

Для выполнения следующего сбора данных необходимо снова привести систему в режим готовности.

8. Основные задачи анализа движений

- Разработка оптимальных биомеханических и эргономичных режимов функционирования опорно-двигательного аппарата, в том числе для условий среднегорья;

- Профилактика изнашивания ОДА и предотвращение усталостных травм и повреждений при интенсивных физических нагрузках, в том числе в условиях среднегорья;

- Диагностика функционального состояния ОДА при реабилитации и восстановление двигательного динамического стереотипа после вынужденного пропуска тренировок, в том числе при прохождении программы реабилитации в условиях среднегорья;

- Определение отстающих звеньев функциональной готовности при физических нагрузках, в том числе в условиях среднегорья.

Показания к использованию диагностического тестирования

- Необходимость в информации о функциональном состоянии ОДА;

- Реализация тренировочных, восстановительных, реабилитационных программ в условиях среднегорья;

- Определение оптимальности техники и точности выполнения движений, в том числе в условиях среднегорья;

- Определение уровня развития физических качеств и специальной работоспособности спортсменов, в том числе в условиях среднегорья.

Противопоказания к применению медицинской технологии

Противопоказаний нет.

Условия проведения и оборудование

Процедуры проводят в специально оборудованном помещении при температуре окружающей среды от +18°C до +24°C, относительной влажности воздуха 40-80 %, атмосферном давлении в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Для диагностики используется система SMART BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия).

Система SMART состоит из следующих компонентов:

- 1 - рабочей станции;
- 2 - цифровых видеокамер;
- 3 - силовых платформ;
- 4 - ЭМГ – устройств;
- 5 – коммутатора;
- 6 – роутера;
- 7 - маркеров светоотражающих;
- 8 - калибровочной рамки.

9. Методика тестирования

9.1. Тестирование по протоколу теста повторных прыжков

Протокол “Повторные прыжки” (RpJumpTest) используется для определения показателей электромиографии, выносливости, высоты, мощности при выполнении прыжкового теста Боско. Оценка развития анаэробной лактатной выносливости может осуществляться в прыжковом тесте. После разминки испытуемому необходимо в течение 60 секунд выполнить как можно больше прыжков вверх на максимальную высоту. Перед прыжком испытуемый должен при переходе от одного

к другому прыжку сгибать колени не менее чем на 90 градусов. При выполнении теста руки необходимо удерживать на бедрах. Необходимо предотвращать передне-задние или боковые смещения тестируемого на силовых платформах.

Перед выполнением прыжков и записью пробы необходимо выполнить следующие подготовительные операции: датчики ЭМГ должны быть активированы, приклеены должным образом и должны ждать команды о старте сбора данных, силовые платформы должны быть освобождены от посторонних предметов. После этого можно создать новую пробу и запустить наблюдение (кнопка “Monitor”). В случае успешного запуска всех подсистем тестируемый должен встать на две силовые платформы лицом к видеокамере. Далее запускается запись пробы путем нажатия кнопки “Capture” (захват). После этого тестируемый спокойно стоит 10 секунд (вес тела вычисляется на 5-ой секунде), затем выполняет в течение 60 секунд как можно больше прыжков вверх на максимальную высоту (до 70 секунды).

После завершения прыжков (после истечения 70 секунд) запись пробы останавливается путем нажатия кнопки “Capture” (захват). Далее следует нажать кнопку Save (сохранить) для сохранения в памяти компьютера данных пробы.

Для записи времени полета (длительности безопорной фазы t_f) во время каждого прыжка используется резистивная платформа цифровой оптикоэлектронной системы высокого разрешения SMART-D (модификация Посейдон - производитель BTS bioengineering, Италия).

Вычисляются высота прыжка, средняя удельная мощность прыжка приведенная к массе тела PM_{BW} и индекс утомления (FATIGUE Index).

Также анализируются следующие показатели теста: максимальная сила отталкивания перед прыжком (MaxForce before Flight, Н), для каждого 15 секундного интервала прыжков: средняя удельная мощность прыжка (Power Mean, Вт/кг), средняя высота прыжка (Jump Height Mean, м), среднее квадратичное отклонение высоты прыжка (Jump Height SD, м), максимальная высота прыжка (Jump Height Max, м), количество прыжков за период, значения биоэлектрических потенциалов ЭМГ.

Описание переменных печатной формы протокола “Повторные прыжки”

Ниже представлено описание переменных печатной формы протоколов “Повторные прыжки”. В протоколе определяются основные результаты анализа показателей электромиографии, выносливости, высоты, мощности при выполнении прыжкового теста Боско.

BOSCO REPEAT VERTICAL JUMP TEST – тест Боско повторных вертикальных прыжков

First name – имя

Last name – фамилия

Birthday – день рождения

Gender – пол

Height (m) – рост, м

Body Weight (kg) – масса тела, кг

Session date – дата обследования

Периодизация протокола “Повторные прыжки”:

Period 1 – 1-ый пятнадцатисекундный период

Period 2 – 2-ой пятнадцатисекундный период

Period 3 – 3-ий пятнадцатисекундный период

Period 4 – 4-ый пятнадцатисекундный период

Total Duration – общий результат всех периодов прыгания (периоды 1-4)

Time (s) – пятнадцатисекундный интервал периодизации, секунд

Power Mean (W/KgBW) – средняя удельная мощность прыжка на килограмм массы тела, Вт/кг

Jump Height Mean (m) – средняя высота прыжка, м

Jump Height SD (m) – среднеквадратичное отклонение высоты прыжка, м

Jump Height Max (m) – максимальная высота прыжка, м

Number of Jumps – число прыжков

FATIGUE Index – индекс утомления

MaxFofce before Flight (N) – максимальная сила приложенная к опоре во время подготовки к прыжку, Н

Jump Height (x), m – высота прыжка № x, m, максимальное количество отображаемых прыжков за 15 секунднй интервал равно 22, если прыжков больше, то они не отображаются, но учитываются при расчетах

Описание рисунков и графиков

Period 1 (10 s - 25 s)

График отражающий давление испытуемого на силовые платформы в первый период. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Period 2 (25 s - 40 s)

График отражающий давление испытуемого на силовые платформы во второй период. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Period 1 (40 s - 55 s)

График отражающий давление испытуемого на силовые платформы в третий период. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Period 1 (55 s - 70 s)

График отражающий давление испытуемого на силовые платформы в четвертый период. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Графики электромиографии

Right Rectus femoris

График отражающий значение величины электрической активности в прямой мышце бедра правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Right Viceps femoris caput longus

График отражающий значение величины электрической активности в двуглавой мышце бедра правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Right Peroneus longus

График отражающий значение величины электрической активности в длинной малоберцовой мышце правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Right Gastrocnemius medialis

График отражающий значение величины электрической активности в икроножная мышце правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Rectus femoris

График отражающий значение величины электрической активности в прямой мышце бедра левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Biceps femoris caput longus

График отражающий значение величины электрической активности в двуглавой мышце бедра левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Peroneus longus

График отражающий значение величины электрической активности в длинной малоберцовой мышце левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Gastrocnemius medialis

График отражающий значение величины электрической активности в икроножная мышце левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Электромиографические характеристики движения

Right Foot – правая нога

Left Foot – левая нога

Rectus femoris Mean (mV) - Прямая мышца бедра – среднее по модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Rectus femoris SD (mV) - Прямая мышца бедра – среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Rectus femoris Max (mV) - Прямая мышца бедра – максимальное значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Biceps femoris caput longus Mean (mV) - Двуглавая мышца бедра – среднее по модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Biceps femoris caput longus SD (mV) - Двуглавая мышца бедра – среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Biceps femoris caput longus Max (mV) - Двуглавая мышца бедра – максимальное значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Peroneus longus Mean (mV) - Длинная малоберцовая мышца – среднее по модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Peroneus longus SD (mV) - Длинная малоберцовая мышца – среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Peroneus longus Max (mV) - Длинная малоберцовая мышца – максимальное значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Gastrocnemius medialis Mean (mV) - Икроножная мышца – среднее по модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Gastrocnemius medialis SD (mV) - Икроножная мышца – среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Gastrocnemius medialis Max (mV) - Икроножная мышца – максимальное значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

9.2. Тестирование по протоколу тестов “Толчок” и “Рывок”

Протокол “Толчок” (Proc_Tolchok) используется для определения показателей электромиографии и техники выполнения соревновательного тяжелоатлетического упражнения – толчок двумя руками.

Перед его выполнением и записью пробы необходимо выполнить следующие подготовительные операции: зона движения должна быть освобождена от посторонних блестящих объектов, светоотражающие маркеры должны быть приклеены должным образом к штанге или диску, датчики ЭМГ должны быть активированы, приклеены должным образом и должны ждать команды о старте сбора данных, силовые платформы должны быть освобождены от посторонних предметов. После этого можно создать новую пробу и запустить наблюдение (кнопка “Monitor”). В случае успешного запуска всех подсистем спортсмен должен встать на две силовые платформы лицом к видеокамере. Далее запускается запись пробы путем нажатия кнопки “Capture” (захват). После этого спортсмен выполняет соревновательное тяжелоатлетическое упражнения – толчок двумя руками (рисунок 36).

После завершения движения останавливается запись пробы путем нажатия кнопки “Capture” (захват). Далее следует нажать кнопку Save (сохранить) для сохранения в памяти компьютера данных пробы.

Определяются скорость движения штанги во время движения, вертикальная полезная мощность испытуемого приложенной к штанге во время движения.



Рисунок 36 – Тестирование по протоколу “Толчок”

Протокол “Рывок” (Proc_Rivok) используется для определения показателей электромиографии и техники выполнения соревновательного тяжелоатлетического упражнения – рывок двумя руками.

Перед его выполнением и записью пробы необходимо выполнить следующие подготовительные операции: зона движения должна быть освобождена от посторонних блестящих объектов, светоотражающие маркеры должны быть приклеены должным образом к штанге или диску, датчики ЭМГ должны быть активированы, приклеены должным образом и должны ждать команды о старте сбора данных, силовые платформы должны быть освобождены от посторонних предметов. После этого можно создать новую пробу и запустить наблюдение (кнопка “Monitor”). В случае успешного запуска всех подсистем спортсмен должен встать на две силовые платформы лицом к видеокамере. Далее запускается запись

пробы путем нажатия кнопки “Capture” (захват). После этого спортсмен выполняет соревновательное тяжелоатлетическое упражнения – рывок двумя руками (рисунок 37).



Рисунок 37 – Тестирование по протоколу “Рывок”

После завершения движения останавливается запись пробы путем нажатия кнопки “Capture” (захват). Далее следует нажать кнопку Save (сохранить) для сохранения в памяти компьютера данных пробы.

Определяются скорость движения штанги во время движения, вертикальная полезная мощность испытуемого приложенной к штанге во время движения.

Ниже представлено описание переменных печатной формы протоколов “Толчок” и “Рывок”. В протоколах определяются основные результаты биомеханического анализа тяжелоатлетических упражнений.

Описание переменных печатной формы протоколов “Толчок” и “Рывок”

Proc_Tolchok – протокол “Толчок”

Proc_Rivok – протокол “Рывок”

Заголовок WEIGHTLIFTING CLEAN & JERK – протокол “Толчок”

Заголовок WEIGHTLIFTING SNATCH – протокол “Рывок”

First name – имя

Last name – фамилия

Birthday – день рождения

Sex – пол

Body Weight (kg) – масса тела, кг

Total height (m) – рост, м

Session date – дата обследования

Shtanga Weight (kg) – масса штанги, кг

Фазы движения протокола “Толчок”

Start0 – предстартовая (0 фаза)

Tyaga1 – тяга (1 фаза)

Podriv2 – подрыв (2 фаза)

Podsed3 – подсед (3 фаза)

Vstavan4 – вставание (4 фаза)

Stabil5 – стабилизация перед выталкиванием с груди (5 фаза)

Tolchok6 – выталкивание - толчок (6 фаза)

Finish7 – заключительная фиксация снаряда над головой (7 фаза)

Itogo – общий результат всех фаз движения (фазы 1-7)

Фазы движения протокола “Рывок”

Start0 – предстартовая (0 фаза)

Tyaga1 – тяга (1 фаза)

Podriv2 – подрыв (2 фаза)

Podsed3 – подсед (3 фаза)

Vstavan4 – вставание (4 фаза)

Finish5 – заключительная фиксация снаряда над головой (5 фаза)

ItoGo – общий результат всех фаз движения (фазы 1-5)

Пространственные характеристики движения

TimeLength (s) – длительность фазы движения, секунд

MaxForw (cm) – максимальный вылет вперед штанги от атлета в фазе движения относительно ее исходного положения на старте (со знаком плюс), см

MaxBack (cm) – максимальное приближение штанги к атлету в фазе движения относительно ее исходного положения на старте (со знаком минус), см

LengthTrack (cm) – длина трека движения штанги в фазе движения, см

Delta3D (cm) – пространственное 3D перемещение по прямой штанги в фазе движения, см

DeltaY1D (cm) – 1D перемещение по вертикали по прямой штанги в фазе движения, см

VY1DMax (m/s) – максимальная вертикальная скорость движения штанги в фазе движения, м/с

VY1DMin (m/s) – минимальная вертикальная скорость движения штанги в фазе движения, м/с

VYUp1DAMax (m/s) – максимальная абсолютная (по модулю) вертикальная скорость движения штанги в фазе движения, м/с

PUr1YMax (BT) – максимальная вертикальная полезная мощность тяжелоатлета в фазе движения, Вт

PUr1YMax (BT) – средняя вертикальная полезная мощность тяжелоатлета в фазе движения, Вт

MinHeight (cm) – начальная вертикальная высота маркера прикрепленного к штанге, см

MaxHeight (cm) – максимальная вертикальная высота маркера прикрепленного к штанге, см

MaxHDelta (cm) – максимальное вертикальное перемещение маркера прикрепленного к штанге (MaxHeight - MinHeight), см

GRFLMean (kg) – средний вес приходящийся на левую ногу в фазе движения,
кг

GRFRMean (kg) – средний вес приходящийся на правую ногу в фазе движения,
кг

GRFLMean/GRF (%) – средняя доля веса приходящаяся на левую ногу в фазе
движения, %

GRFRMean/GRF (%) – средняя доля веса приходящаяся на правую ногу в фазе
движения, %

DiffGRFRL (%) – разница распределения веса между правой и левой ногой в
фазе движения (модуль(GRFLMean/GRF- GRFRMean/GRF)), %

Электромиографические характеристики движения

Right Foot – правая нога

Left Foot – левая нога

Rectus femoris Mean (mV) - Прямая мышца бедра – среднее по модулю
значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Rectus femoris SD (mV) - Прямая мышца бедра – среднеквадратичное
отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Rectus femoris Max (mV) - Прямая мышца бедра – максимальное значение
величины электрической активности в фазе движения, мВ

Biceps femoris caput longus Mean (mV) - Двуглавая мышца бедра – среднее по
модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Biceps femoris caput longus SD (mV) - Двуглавая мышца бедра –
среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе
движения, мВ

Biceps femoris caput longus Max (mV) - Двуглавая мышца бедра – максимальное
значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Peroneus longus Mean (mV) - Длинная малоберцовая мышца – среднее по
модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Peroneus longus SD (mV) - Длинная малоберцовая мышца – среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Peroneus longus Max (mV) - Длинная малоберцовая мышца – максимальное значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Gastrocnemius medialis Mean (mV) - Икроножная мышца – среднее по модулю значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Gastrocnemius medialis SD (mV) - Икроножная мышца – среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Gastrocnemius medialis Max (mV) - Икроножная мышца – максимальное значение величины электрической активности в фазе движения, мВ

Описание рисунков и графиков

Track point: Up1m – траектория движения штанги в вертикальной плоскости (вид сбоку)

Фазы движения протокола “Толчок”:

Start0: Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в предстартовую (нулевую) фазу. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Tyaga1 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Тяга (1-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Podriv2 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Подрыв (2-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Podsed3 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Подсед (3-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Vstavanie4 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Вставание (4-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Stability5 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Стабилизация (5-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Tolchok6 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Толчок (6-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Finish Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Финиш (7-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Графики фаз движения протокола “Рывок”

Start0: Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в предстартовую (нулевую) фазу. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Tyaga1 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Тяга (1-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Podriv2 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Подрыв (2-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Podsed3 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Подсед (3-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Vstavanie4 Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Вставание (4-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Finish Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) в фазу Финиш (5-ая фаза). Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

GRFItogo: Right force – blue, Left force – green

График отражающий распределение веса на правую (синяя кривая) и левую ногу (зеленая кривая) во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – сила давления на платформу (Ньютонов).

Up1Y – Vertical velocity

График отражающий вертикальную скорость штанги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – вертикальная скорость (метров в секунду).

Up1Y – Vertical track

График отражающий вертикальную траекторию движения штанги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – высота (метров).

PowerUp1YAll – Vertical power, BT

График отражающий вертикальную полезную мощность спортсмена приложенную к штанге во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – мощность (Вт).

Графики электромиографии

Right Rectus femoris

График отражающий значение величины электрической активности в прямой мышце бедра правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Right Viceps femoris caput longus

График отражающий значение величины электрической активности в двуглавой мышце бедра правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Right Peroneus longus

График отражающий значение величины электрической активности в длинной малоберцовой мышце правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Right Gastrocnemius medialis

График отражающий значение величины электрической активности в икроножная мышце правой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Rectus femoris

График отражающий значение величины электрической активности в прямой мышце бедра левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Viceps femoris caput longus

График отражающий значение величины электрической активности в двуглавой мышце бедра левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Peroneus longus

График отражающий значение величины электрической активности в длинной малоберцовой мышце левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Left Gastrocnemius medialis

График отражающий значение величины электрической активности в икроножная мышце левой ноги во все фазы движения. Единицы измерения: Ось X – время (секунд), Ось Y – напряжение (мВ).

Стоп кадры движения протокола “Толчок”

Tyaga1 – тяга (1 фаза)

Podriv2 – подрыв (2 фаза)

Podsed3 – подсед (3 фаза)

Vstavanie4 – вставание (4 фаза)

Stability5 – стабилизация перед выталкиванием с груди (5 фаза)

Tolchok6 – выталкивание - толчок (6 фаза)

Finish7 – заключительная фиксация снаряда над головой (начало)

Finish8 – заключительная фиксация снаряда над головой (конец)

Стоп кадры движения протокола “Рывок”

Tyaga1 – тяга (1 фаза)

Podriv2 – подрыв (2 фаза)

Podsed3 – подсед (3 фаза)

Vstavanie4 – вставание (4 фаза)

Finish5 – заключительная фиксация снаряда над головой (начало)

Finish6 – заключительная фиксация снаряда над головой (конец)

Заключение

Разработанные и апробированные протоколы диагностики функционального состояния опорно-двигательного аппарата и динамических (биомеханических, тензодинамометрических, электронейромиографических) характеристик движения спортсменов могут применяться для определения функционального состояния ОДА спортсменов как в условиях среднегорья, так и в нормальных условиях внешней среды. Протокол теста повторных прыжков включает для анализа следующие характеристики: индекс утомления, максимальная сила отталкивания перед прыжком, для каждого 15 секундного интервала прыжков: средняя удельная мощность прыжка, средняя высота прыжка, среднее квадратичное отклонение высоты прыжка, максимальная высота прыжка, количество прыжков за период, высота каждого прыжка, значения биоэлектрических потенциалов ЭМГ. Включение в протокол такого показателя, как индекс утомления, обусловлен тем, что именно в условиях среднегорья при работе анаэробно-гликолитической зоне утомление у спортсменов наступает быстрее.

Протокол теста “Рывок” включает: данные о пространственных характеристиках движения, параметрах максимального вылета вперед штанги от атлета в фазе движения относительно ее исходного положения на старте (обеспечение оптимальности траектории движения), максимального приближения штанги к атлету в фазе движения относительно ее исходного положения на старте, длины трека движения штанги в фазе движения, пространственном 3D перемещении по прямой штанги в фазе движения, 1D перемещении по вертикали по прямой штанги в фазе движения, максимальной вертикальной скорости движения штанги в фазе движения, минимальной вертикальной скорости движения штанги в фазе движения, максимальной абсолютной (по модулю) вертикальной скорости движения штанги в фазе движения, максимальной вертикальной полезной мощности тяжелоатлета в фазе движения, средней вертикальной полезной мощности тяжелоатлета в фазе движения, среднем весе, приходящимся на левую ногу в фазе движения, среднем весе, приходящимся на правую ногу в фазе движения, средней

доле веса приходящейся на левую и правую ноги в фазе движения, разнице распределения веса между правой и левой ногой в фазе движения, значения биоэлектрических потенциалов ЭМГ.

Протокол теста “Толчок” включает: данные о пространственных характеристиках движения, параметрах максимального вылета вперед штанги от атлета в фазе движения относительно ее исходного положения на старте (обеспечение оптимальности траектории движения), максимального приближения штанги к атлету в фазе движения относительно ее исходного положения на старте, длины трека движения штанги в фазе движения, пространственном 3D перемещении по прямой штанги в фазе движения, 1D перемещении по вертикали по прямой штанги в фазе движения, максимальной вертикальной скорости движения штанги в фазе движения, минимальной вертикальной скорости движения штанги в фазе движения, максимальной абсолютной (по модулю) вертикальной скорости движения штанги в фазе движения, максимальной вертикальной полезной мощности тяжелоатлета в фазе движения, средней вертикальной полезной мощности тяжелоатлета в фазе движения, среднем весе, приходящимся на левую ногу в фазе движения, среднем весе, приходящимся на правую ногу в фазе движения, средней доле веса приходящейся на левую и правую ноги в фазе движения, разнице распределения веса между правой и левой ногой в фазе движения, значения биоэлектрических потенциалов ЭМГ.

Все три протокола включают параметры электрической активности мышц: среднее по модулю значение величины электрической активности в фазе движения, среднеквадратичное отклонение величины электрической активности в фазе движения, максимальное значение величины электрической активности в фазе движения. Анализируются мышцы правой и левой ноги: прямая мышца бедра, двуглавая мышца бедра, длинная малоберцовая мышца, икроножная мышца.

Проведено исследование функционального состояния опорно-двигательного аппарата на группах высококвалифицированных спортсменов циклических (легкая атлетика) и ациклических (тяжелая атлетика) видов спорта в условиях среднегорья.

Результаты исследования позволили определить скоростные, скоростно-силовые характеристики, состояние электрической активности мышц спортсменов в условиях среднегорья. В результате исследования выявлены половые различия функционального состояния ОДА у спортсменов легкоатлетов при выполнении теста повторных прыжков Боско: мужчины имеют более высокие показатели максимальной силы отталкивания перед прыжком и максимальной высоты прыжка в третьем периоде, меньший индекс утомления, прыгают выше, но чаще. Наибольшая скоростно-силовая выносливость в условиях среднегорья выявлена у спортсменов фехтовальщиков и легкоатлетов, затем следуют футболисты и единоборцы, меньшие характеристики скоростно-силовой выносливости у занимающихся кроссфитом и волейболом.

С помощью разработанных нами протоколов тяжелоатлетических упражнений рывок и толчок и тестирования спортсменов на системе SMART BTS возможно сопоставление характеристик движений диагностируемых атлетов с параметрами движений этих же спортсменов в нормальных условиях внешней среды, в условиях предстоящих соревнований, а также с данными ведущих тяжелоатлетов мира.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Ambrósio J. A. C. Developments in biomechanics of human motion for health and sports / J. A. C. Ambrósio, J. M. C. S. Abrantes // A Portrait of State-of-the-Art Research at the Technical University of Lisbon. – Springer, Dordrecht, 2007. – P. 531-553.
2. Wang L. Recent developments in human motion analysis / L. Wang, W. Hu, T. Tan // Pattern recognition. – 2003. – Т. 36. – №. 3. – P. 585-601.
3. Knudson D. Fundamentals of biomechanics / D. Knudson // Springer Science & Business Media, 2007. p. 354.
4. Bosco C. A simple method for measurement of mechanical power in jumping / C. Bosco, P. Luhtanen, P.V. Komi // European journal of applied physiology and occupational physiology. – 1983. – Т. 50. – №. 2. – С. 273-282.

Библиографические данные

УДК 611:612:796.01

Ключевые слова: биомеханика, видеоанализ, тензодинамометрия, функциональное состояние опорно-двигательного аппарата, спортсмены, электронейромиография, легкая атлетика, тяжелая атлетика, среднегорье.

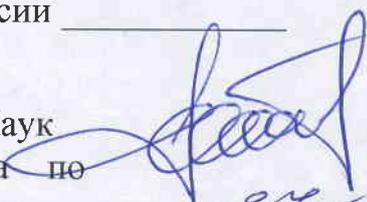
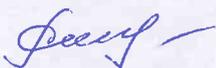
Список исполнителей

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр
Федерального медико-биологического агентства»

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

Диагностика функционального состояния опорно-двигательного аппарата и динамических (биомеханических, тензодинамометрических, электронейромиографических) характеристик движения спортсменов в условиях среднегорья

Методические рекомендации
МР ФМБА России _____

Генеральный директор, канд. эконом. Наук		Г.Н. Тер-Акопов
Заместитель генерального директора по научной работе, д-р мед. наук, профессор		Н.В. Ефименко
Руководитель центра медико-биологических технологий, д-р биол. наук, профессор		Ю.В. Корягина
Специалист по метрологии		Р.С. Ященко

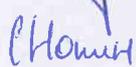
Исполнители:

научный руководитель, руководитель центра медико-биологических технологий, д-р биол. наук, профессор

 Ю.В. Корягина

генеральный директор, канд. эконом. наук
ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий, канд. тех. наук
старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий, канд. мед. наук

 Г.Н. Тер-Акопов

 С.В. Нопин

 Л.Г. Рогулева