

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ для оценки состояния опорно-двигательного аппарата

**Лукашевич В.А.**

канд. мед. наук, доцент,
Белорусская
медицинская академия
последипломного
образования

**Морозевич-Шилук Т.А.**

канд. пед. наук, доцент,
Белорусский
государственный
университет
физической культуры

**Лесив Г.Г.**

канд. пед. наук,
Белорусская
ассоциация гимнастики

В статье представлены результаты исследования, целью которых являлась разработка программы оценки состояния опорно-двигательного аппарата с использованием мануального тестирования и создание математической модели расчета объективных параметров, отражающих состояние нейромышечных скелетных и связанных с движением функций. В ходе исследования была разработана математическая модель расчета объективных параметров, отражающих состояние нейромышечных, скелетных и связанных с движением функций, а также сенсорных функций, связанных с болью и идентификацией коэффициента асимметрии, основанная на использовании тестов мануального тестирования. Программа включает последовательное выполнение 23 тестовых заданий. Программное решение реализовано на платформе Android и имеет интуитивно понятный интерфейс с возможностью визуального выбора вариантов проведенного тестирования. Все качественные параметры рассчитываются автоматически после выполнения тестирования. Проведенное исследование позволило установить достоверные отличия с группой здоровых добровольцев, при этом выявлены статистически более высокие показатели в основной группе, что указывает на наличие достоверных нарушений соответствующих функций.

Ключевые слова: спортивная травма, первичная профилактика спортивной травмы, нейромышечные скелетные и связанные с движением функции, сенсорные функции, коэффициент асимметрии, мануальное тестирование.

EXPERIENCE IN USING MOBILE APPLICATION FOR MUSCULOSKELETAL STATE ASSESSMENT

The article presents the results of the study, the purpose of which was to develop a program for assessing the state of the musculoskeletal system using manual testing and to create a mathematical model for calculating objective parameters that reflect the state of neuromuscular skeletal and motion-related functions. During the study, a mathematical model has been developed for calculating objective parameters that reflect the state of the neuromuscular, skeletal, and motion-related functions, as well as the sensory functions associated with pain and identification of the asymmetry coefficient, based on the use of the manual testing. The program includes sequential execution of 23 test tasks. The software solution is implemented on the Android platform and has an intuitive interface with the ability to visually choose the testing options. All quality parameters are calculated automatically after testing. The study allows to establish reliable differences with a group of healthy volunteers, while statistically higher indicators have been found in the main group, which indicates the presence of reliable impairments of the corresponding functions.

Keywords: sports injury; primary prevention of sports injury; neuromuscular skeletal and movement-related functions; sensory functions; asymmetry coefficient; manual testing.

Спортивной травме (СТ) посвящено большое количество публикаций. Однако лишь небольшая их часть затрагивает вопросы профилактики травм, которые могут разделяться на превентивные (первичные) и вторичные (профилактика развития повторных травм) [2]. Классически СТ определяется как любая физическая жалоба, связанная со спортивной деятельностью, приводящая к ее ограничению или консультации с врачом [8].

СТ, как правило, затрагивает опорно-двигательный аппарат и приводит к нарушению нейромышечных скелетных и связанных с движением функций (НССДФ), являясь при этом актуальной социальной и экономической проблемой, на решение которой, по отношению к лицам в возрасте от 5 до 20 лет, составляющим 25 % от всего количества СТ в США, к примеру, тратится порядка 6,7 миллиардов долларов ежегодно [7].

Одним из травмоопасных видов спорта является спортивная гимнастика. Так, по данным ряда авторов (D. Cainea, K. Knutzena, W. Howeb, L. Keelerc, L. Sheppardd, D. Henrichsa, J. Fasta) распространенность травм в данном виде спорта составляет 76 %, при этом коэффициент риска получения травмы в режиме подготовки к соревнованиям составляет 2,69 (рассчитывается как отношение количества травм на 1000 часов профессиональной деятельности). Риск возникновения травм во время проведения соревнований составляет 0,47 – для начинающих спортсменов и 4,34 – для спорта высших достижений [9].

Таким образом, актуальным направлением развития системы профилактики СТ является разработка концептуальных основ объективного анализа состояния НССДФ на этапе первичной (превентивной) профилактики.

Целью исследования являлась разработка программы оценки состояния опорно-двигательного аппарата с использованием мануального тестирования и создание математической модели расчета объективных параметров, отражающих состояние НССДФ.

В исследовании приняли участие 32 человека.

Экспериментальную группу составили 16 спортсменов национальной команды Республики Беларусь по спортивной гимнастике с равным соотношением лиц мужского и женского пола и медианой возраста 15,2 [17/14] года (формат данных: $Me [UQ/LQ]$).

В контрольную группу вошло аналогичное количество здоровых добровольцев с соответствующим соотношением полов и медианой возраста 19 [17,5/22,2] лет.

Для проведения исследования была разработана батарея диагностических тестов, включающая 23 тестовых задания. В каждом тестовом задании предусматривается несколько вариантов ответа (количество ответов строго определено для каждого тестового задания и варьирует от 2 до 5).

При этом исследователь ориентируется на готовые варианты, которые ему предстоит выбрать при выполнении теста.

Все тестовые задания внесены в мобильное приложение. Алгоритм применения приложения следующий:

- 1) исследователь открывает мобильное приложение и вносит данные об обследуемом лице;
- 2) поочередно запускаются тестовые задания, которые необходимо выполнить с обследуемым;
- 3) для каждого тестового задания на экране представляются визуальные варианты выполнения теста в виде рисунков;
- 4) исследователь должен выбрать 1, 2 или 3 картинки в зависимости от результата выполнения теста;
- 5) после окончания тестирования программа автоматически рассчитывает качественные параметры.

Для оценки значений углов ротаций бедра использовался гoniометр – линейка.

Краткое описание тестовых заданий представлено ниже.

Тестовое задание № 1 – «Отклонение тела от вертикали». Исходное положение: вертикальная стойка, расстояние между пятками 6–10 см. Исследователь использует отвес (груз массой 30 г, прикрепленный на веревку диаметром 0,5 мм), центр груза которого располагает на середине расстояния между внутренними краями пяток. Исследователь определяет направление и уровень отклонения тела от гравитационной вертикали.

Тестовое задание № 2 – «Отклонение надплечий». Исходное положение: вертикальная стойка, расстояние между пятками 6–10 см. Исследователь определяет направление и уровень отклонения (вправо/влево) линии, проведенной между верхними краями плечевых суставов (либо наиболее выступающих отделов акромиальных отростков лопаток).

Тестовое задание № 3 – «Отклонение таза». Исходное положение: вертикальная стойка, расстояние между пятками 6–10 см. Исследователь определяет направление и уровень отклонения (вправо или влево) линии, соединяющей верхние края крыльев подвздошных костей таза.

Тестовое задание № 4 – «Ограничение подвижности таза в правом крестцово-подвздошном сочленении». Исходное положение: вертикальная стойка, расстояние между пятками 6–10 см. Исследователь плотно располагает и прижимает подушечки больших пальцев рук к выступающим отделам: задней верхней ости подвздошной кости справа и остистого отростка V поясничного позвонка. Исследуемый поднимает вверх правую ногу, согнутую в коленном суставе. Оценивается визуальный феномен приближения пальцев друг к другу по критериям: «пальцы исследователя приближаются друг к другу», «пальцы исследователя остаются на месте».

Тестовое задание № 5 – «Ограничение подвижности таза в левом крестцово-подвздошном сочле-

нении». Методика выполнения задания аналогична заданию № 4 с поправкой для левой ноги.

Тестовое задание № 6 – «Ограничение подвижности шеи вправо на верхнем уровне». Исходное положение: сидя на жесткой опорной поверхности. Одна рука исследователя сгибательной поверхностью первого и второго пальцев плотно фиксирует шею сразу же под затылочной костью. Другая рука, удерживая подбородок, выполняет спокойный поворот головы вправо до появления ограничивающего барьера. В этом месте поворот останавливается, и далее рука, удерживающая шею, перемещается ниже в среднюю часть. Рука, удерживающая подбородок, не двигается. При выполнении теста оценивается угол поворота, который должен составлять 1/3 от угла активного поворота головы вправо.

Тестовое задание № 7 – «Ограничение подвижности шеи вправо на среднем уровне». Тест является продолжением предыдущего после того как рука, удерживающая шею, переместилась в среднюю ее часть, а рука, фиксирующая подбородок, выполняет новый поворот шеи до появления ограничивающего барьера. В этом месте поворот останавливается, и далее рука, удерживающая шею, перемещается в нижнюю часть. Рука, удерживающая подбородок, не двигается. При выполнении теста оценивается угол поворота, который должен составлять 1/3 от угла активного поворота головы вправо.

Тестовое задание № 8 – «Ограничение подвижности шеи вправо на нижнем уровне». Тест является продолжением предыдущего после того как рука, удерживающая шею, переместилась в нижнюю ее часть, а рука, фиксирующая подбородок, выполняет новый поворот шеи до появления ограничивающего барьера. В этом месте поворот останавливается. При выполнении теста оценивается угол поворота, который должен составлять 1/3 от угла активного поворота головы вправо.

Тестовое задание № 9 – «Ограничение подвижности шеи влево на верхнем уровне». Методика выполнения задания аналогична заданию № 6 с поправкой на поворот влево.

Тестовое задание № 10 – «Ограничение подвижности шеи влево на среднем уровне». Методика выполнения задания аналогична заданию № 7 с поправкой на поворот влево.

Тестовое задание № 11 – «Ограничение подвижности шеи влево на нижнем уровне». Методика выполнения задания аналогична заданию № 8 с поправкой на поворот влево.

Тестовое задание № 12 – «Активная подвижность правого плеча». Исходное положение: сидя на жесткой опорной поверхности. Выполнение теста связано с активным отведением правой руки в сторону. Исследователь плотно фиксирует правое надплечье испытуемого от перемещений. Отведение руки происходит до ощущения барьера в плечевом суставе. Оценивается ограничение активного отве-

дения (в норме отведение выполняется до уровня горизонта) и появление болезненности.

Тестовое задание № 13 – «Пассивная подвижность правого плеча». Исходное положение: сидя на жесткой опорной поверхности. Выполнение теста связано с пассивным отведением правой руки в сторону. Исследователь одной рукой плотно фиксирует правое надплечье испытуемого от перемещений, другой выполняет подъем руки до ощущения барьера в плечевом суставе. Оценивается ограничение пассивного отведения (в норме отведение выполняется до уровня горизонта) и появление болезненности.

Тестовое задание № 14 – «Сила правой дельтовидной мышцы». Исходное положение: сидя на жесткой опорной поверхности. Выполнение теста связано с активным подъемом правой руки в сторону с изометрическим сокращением дельтовидной мышцы (из положения субмаксимального пассивного отведения). При выполнении задания исследователь одной рукой фиксирует надплечье, другой удерживает активную конечность от перемещений. Выполнение теста проходит в две фазы. Время первой фазы составляет 4 с, по истечении которого исследуемый увеличивает силу сокращения (2-я фаза). Оценивается прирост силы во вторую фазу и появление болезненности. Определение мышечной силы является стандартной методикой неврологического осмотра и прикладной кинезиологии [11].

Тестовое задание № 15 – «Активная подвижность левого плеча». Методика выполнения задания аналогична заданию № 12 с поправкой для левого плеча.

Тестовое задание № 16 – «Пассивная подвижность левого плеча». Методика выполнения задания аналогична заданию № 13 с поправкой для левого плеча.

Тестовое задание № 17 – «Сила левой дельтовидной мышцы». Методика выполнения задания аналогична заданию № 14 с поправкой для левого плеча.

Тестовое задание № 18 – «Ротация правого бедра». Исходное положение: лежа на спине. Правая нога согнута в тазобедренном и коленном суставах под прямым углом. Исследователь выполняет внутренний и наружный повороты бедра. Оценивается ограничение пассивной ротации (в норме от 30 градусов в каждую сторону) и появление болезненности.

Тестовое задание № 19 – «Сила правой грушевидной мышцы». Исходное положение: лежа на спине. Правая нога согнута в тазобедренном и коленном суставах под прямым углом. Выполнение теста связано с активным наружным поворотом бедра с изометрическим сокращением грушевидной мышцы (из положения субмаксимального пассивной наружной ротации). При выполнении задания исследователь одной рукой фиксирует бедро, другой удерживает голень от перемещений. Выполнение теста проходит в две фазы. Время первой фазы составляет 4 с, по

истечении которого исследуемый увеличивает силу сокращения (2-я фаза). Оценивается прирост силы во вторую фазу и появление болезненности. Определение мышечной силы является стандартной методикой неврологического осмотра и прикладной кинезиологии [11].

Тестовое задание № 20 – «Ротация левого бедра». Методика выполнения задания аналогична заданию № 18 с поправкой для левого бедра.

Тестовое задание № 21 – «Сила левой грушевидной мышцы». Методика выполнения задания аналогична заданию № 19 с поправкой для левого бедра.

Тестовое задание № 22 – «Локальная болезненность поясничного региона». Исходное положение: лежа на животе. Исследователь выполняет легкие надавливания с 2 сторон на мягкие ткани, расположенные вдоль остистых отростков поясничных позвонков на нижнем, среднем и верхнем уровнях. Оценивается появление болезненности.

Тестовое задание № 23 – «Локальная болезненность грудного региона». Исходное положение: лежа на животе. Исследователь выполняет легкие надавливания с 2 сторон на мягкие ткани, расположенные вдоль остистых отростков грудных позвонков на нижнем, среднем и верхнем уровнях. Оценивается появление болезненности.

Выполнение диагностической батареи тестов позволяет интегрально рассчитывать ряд показателей, связанных с: 1) нарушением нейромышечных функций (ННМФ); 2) нарушением скелетных функций (НСФ); 3) нарушением сенсорных функций, связанных с болью (НСФБ) и 4) коэффициентом двигательной асимметрии (КДА). Для расчета данных параметров разработана математическая модель, согласно которой для каждого ответа на тестовое задание присваивается определенный ранг, при этом каждый ответ на тестовое задание определяет структуру одного из показателя. Так, ННМФ определяют ответы на тестовые задания №№: 2, 3, 12, 14, 15, 17, 19 и 21. Структуру НСФ определяют ответы на тестовые задания №№: 1, 4–11, 13, 16, 18 и 20. Структуру НСФБ определяют ответы на тестовые задания №№: 6–23. КДА рассчитывается при разнице суммы данных полученных для правой и левой стороны при выполнении тестовые задания №№: 6–23.

Разработанный алгоритм был положен в основу программного приложения под операционную среду *Android*, в котором все тестовые задания представлены в виде картинок. При этом исследователь, выполняя мануальное тестирование, производит выбор релевантной картинки, программа же при этом в конце выполнения всех тестов автоматически рассчитывает все показатели.

Статистическая обработка данных проводилась в программном приложении «*Statistica 8.0*».

После проведения мануального тестирования экспериментальной группы были получены следующие результаты для каждого испытуемого (таблица 1).

Таблица 1. – Результаты проведения мануального тестирования основной группы с расчетом интегральных показателей: 1) нарушение нейромышечных функций (ННМФ); 2) нарушение скелетных функций (НСФ); 3) нарушение сенсорных функций, связанных с болью (НСФБ) и 4) коэффициент двигательной асимметрии (КДА) (в %)

№	НСФ	ННМФ	КДА	НСФБ
1	17,5	5,6	61,8	0,3
2	14,4	1,3	58,3	0,3
3	25,6	12,1	32,8	11,3
4	13,8	16,5	25	0,3
5	13,9	3,5	7	0,3
6	14,1	1	25	0,3
7	5,3	7	25	0,3
8	18,5	42,4	17,6	19,5
9	15,5	0,6	17,5	0,3
10	16,4	1,5	50	0,3
11	23,1	4,1	0,9	0,3
12	10,4	1	25	0,3
13	11,7	1,3	25	0,3
14	12,8	1	25	3,8
15	9,5	7	25	0,3
16	13,1	8,3	40,6	2,0

После проведения мануального тестирования контрольной группы были получены следующие результаты для каждого испытуемого (таблица 2).

Таблица 2. – Результаты проведения мануального тестирования контрольной группы с расчетом интегральных показателей: 1) нарушение нейромышечных функций (ННМФ); 2) нарушение скелетных функций (НСФ); 3) нарушение сенсорных функций, связанных с болью (НСФБ) и 4) коэффициент двигательной асимметрии (КДА) (в %)

№	НСФ	ННМФ	КДА	НСФБ
1	0,5	0	0,1	0
2	0,5	0	0,1	0
3	0,5	0	0,1	0
4	0,5	0	0,1	0
5	0,5	0	0,1	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0,5	0	0,1	0
13	0,5	0	0,1	0
14	0,5	0	0,1	0
15	0,5	0	0,1	0
16	0	0	0	0

Статистическая значимость критериев экспериментальной и контрольной групп после проверки распределения полученных показателей на нормальность по критериям Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова с поправкой Лилифорса имеет значение, не превышающее 0,05. Почти все точки на квантильной диаграмме располагаются не на прямой линии, значение среднего арифметического и медианы различаются, а значения асимметрии и/или эксцесса превышают значение 1.

Параметры базовой статистики для основной группы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Базовая статистика для интегральных параметров основной группы: 1) нарушение нейромышечных функций (ННМФ); 2) нарушение скелетных функций (НСФ); 3) нарушение сенсорных функций связанных с болью (НСФБ) и 4) коэффициент двигательной асимметрии (КДА) (в %)

	Среднее арифметическое	Медиана	Нижний quartиль	Верхний quartиль	Стандартное отклонение	Достоверный интервал +95 %	Достоверный интервал -95 %	Степень асимметрии	Степень эксцесса
НСФ	14,7	14,0	12,3	17,0	5,0	3,6	7,6	0,5	1,0
ННМФ	7,1	3,8	1,2	7,7	10,4	7,7	16,2	2,9	9,4
КДА	28,8	25,0	21,3	36,7	16,7	12,3	25,8	0,6	1,2
НСФБ	2,5	0,3	0,3	1,2	5,3	3,9	8,3	2,7	7,3

Таким образом, полученные данные указывают на отсутствие нормальности в распределении полученных значений.

Параметры базовой статистики для контрольной группы приведены в таблице 4, из которой видно, что полученные данные указывают на отсутствие нормальности в распределении полученных значений.

Таблица 4 – Базовая статистика для интегральных параметров контрольной группы: 1) нарушение нейромышечных функций (ННМФ); 2) нарушение скелетных функций (НСФ); 3) нарушение сенсорных функций, связанных с болью (НСФБ) и 4) коэффициент двигательной асимметрии (КДА) (в %)

	Среднее арифметическое	Медиана	Нижний quartиль	Верхний quartиль	Стандартное отклонение	Достоверный интервал +95 %	Достоверный интервал -95 %	Степень асимметрии	Степень эксцесса
НСФ	0,3	0,5	0,0	0,5	0,3	0,19	0,4	-0,3	-2,2
ННМФ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
КДА	0,06	0,1	0,0	0,1	0,05	0,04	0,08	-0,3	-2,2
НСФБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Таблица 5 – Корреляционная матрица коэффициента Спирмана (при $p < 0,05$) для интегральных параметров основной группы: 1) нарушение нейромышечных функций (ННМФ); 2) нарушение скелетных функций (НСФ); 3) нарушение сенсорных функций связанных с болью (НСФБ) и 4) коэффициент двигательной асимметрии (КДА), (коэффициент корреляции в абсолютных единицах)

	НСФ	ННМФ	КДА	НСФБ
НСФ	–	0,2	0,02	0,3
ННМФ	0,2	–	0,1	0,4
КДА	0,02	0,1	–	0,05
НСФБ	0,3	0,4	0,05	–

Результаты проведенного корреляционного анализа в матрице представлены в таблице 5.

Проведенный корреляционный анализ показал наличие умеренных положительных корреляционных связей между ННМФ и НСФБ. Это указывает на ведущий характер болевых синдромов в обследуемой группе спортсменов, связанный с нейромышечным компонентом. Вместе с этим статистически значимых гендерных отличий в полученных показателях не выявлено.

При проведении корреляционного анализа между основной и контрольной группами установлены сильные отрицательные корреляционные связи между всеми показателями с коэффициентом корреляции Спирмана $R > -0,88$ (при $p < 0,05$). При проведении сравнительного анализа независимых выборок основной и контрольной групп по методу Манна – Уитни установлены достоверно большие значения всех показателей в основной группе испытуемых.

В многочисленных исследованиях и литературных обзорах приводятся данные по оценке влияния различных систем и методик профилактики СТ [1, 2]. При этом главный их недостаток заключается в ориентировании на предотвращение повторных травм – вторичной профилактике [3].

Вместе с тем, несмотря на накопленную базу знаний, широкомасштабное внедрение эффективных профилактических мероприятий в реальных спортивных условиях все еще остается серьезной проблемой [4]. Разработка профилактических мероприятий в большей своей части основана на опыте отдельных спортсменов и создании частных программ тренировок [3]. Применение подобных решений сопряжено с изменением поведения спортсмена и определяет так называемую стратегию вмешательства [5]. Клинический опыт демонстрирует низкую эффективность данного подхода в

сравнении с решениями, основанными на нормативных актах и методических рекомендациях [3]. Более того, в контексте СТ профилактические меры требуют более широкого охвата, чем просто изменение тренировочного режима отдельных спортсменов, и должны опираться на поддержку со стороны спортивных федераций, тренеров и вспомогательного медицинского персонала [5]. В противовес разработке фундаментальных концепций предотвращения СТ большая часть исследований сосредоточена на апробации и оценке эффективности использования персональных средств профилактики травм [6].

Для предотвращения СТ на этапах первичной и вторичной профилактики применяются различные категории спортивных технических и методических решений в виде:

- 1) модификации правил определенного вида спортивной деятельности;
- 2) введения новых ограничений при проведении соревнований;
- 3) модифицирования правил;
- 4) обязательного ношения персональных защитных средств для профилактики СТ;
- 5) ношения специальной одежды;
- 6) проведения обучающих программ для тренеров и судей;
- 7) выполнения программ тестирования уровня физической подготовленности;
- 8) обязательного использования установленного спортивной лигой профессионального оборудования;
- 9) разработки критериев восстановления спортсмена и возвращения его к активной профессиональной деятельности;
- 10) разработки тренировочных программ, направленных на улучшение физической активности, психологического и когнитивного статуса, повышения персональной информированности спортсмена о вероятных травмах;
- 11) разработки тренировочных программ для обучения технике падений;
- 12) внедрения в тренировочную практику программ для тренировки функции равновесия и развития гибкости;
- 13) мультикомпонентных решений.

По данным анализа [10], для спортивной гимнастики повреждения плеча составляют 1,8 %; повреждения локтевого сустава – 5,5 %; повреждения кисти – 14,3 %; повреждения таза и тазобедренных суставов – 7,3 %; повреждения коленного и голеностопного суставов – 10,9 и 16,4 % соответственно; повреждения стопы и голени – соответственно 20 и 23,6 %. При этом наиболее частыми установленными клиническими диагнозами являются тендиниты и бурситы.

Таким образом, в спортивной гимнастике примерное соотношение повреждений верхнего плечевого пояса к поясу нижних конечностей состави-

ло 1:4. Аналогичная тенденция прослеживается и среди юных спортсменов [10].

Одной из ключевых проблем выявления нарушений НССДФ с целью проведения первичной (превентивной) профилактики СТ являются сложность процедуры сбора материала и анализа полученных данных. Как правило, диагностика НССДФ проводится в специализированных лечебно-профилактических учреждениях с участием высококвалифицированных врачей. Неотъемлемая часть данного процесса сопряжена с необходимостью использования дорогостоящего диагностического оборудования. Вместе с тем большая загруженность учреждений данного типа не позволяет в полной мере осуществлять скрининг-тестирование в режиме непрерывного потока спортсменов. Аналитическая обработка информации по каждому случаю с целью принятия решения об уровне нарушений НССДФ также занимает продолжительное время и не имеет стандартизованных методик. Отсутствие четких критериев диагностики нарушений НССДФ в виде качественных параметров, отражающих уровень вовлеченности в патологическое состояние различных функций организма (согласно международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья) не позволяет сформировать аналитическую преемственность выявляемых данных на всех этапах медицинского контроля. В то же время базовой проблемой превентивной профилактики СТ может считаться отсутствие простого в исполнении и интуитивно понятного пособия с элементами автоматизации, на уровне которой происходит расчет качественных параметров, отражающих нарушения НССДФ. Стоит отметить, что базовая профилактика СТ неразрывно связана с высокодискретным выполнением тестового алгоритма в различных фазах тренировочного цикла одного спортсмена, что полностью исключает возможность реализации данной концепции в рамках специализированных лечебно-профилактических учреждений с непосредственным участием квалифицированных врачей.

Таким образом, актуальность первичной профилактики СТ является бесспорной. Она должна выполняться непрерывно, с высокой степенью дискретности на всех этапах тренировочного цикла каждого спортсмена. При этом проведение дорогостоящих диагностических процедур, отсутствие простой и информативной методики скрининга нарушений НССДФ с элементами автоматизированного принятия решений формирует обоснованный интерес к созданию доступной программы объективной оценки состояния опорно-двигательного аппарата, основанной на тестах мануального тестирования и математической модели расчета объективных параметров, отражающей состояние НССДФ.

В ходе исследования была разработана математическая модель расчета объективных параметров, отражающих состояние нейромышечных, скелетных и

связанных с движением функций, а также сенсорных функций, связанных с болью и идентификацией коэффициента асимметрии, основанная на использовании тестов мануального тестирования. Программа включает последовательное выполнение тестовых заданий: «Отклонение тела от вертикали»; «Отклонение надплечий»; «Отклонение таза»; «Ограничение подвижности таза в правом (левом) крестцово-подвздошном сочленении»; «Ограничение подвижности шеи вправо (влево) на верхнем уровне»; «Ограничение подвижности шеи вправо (влево) на среднем уровне»; «Ограничение подвижности шеи вправо (влево) на нижнем уровне»; «Активная подвижность правого (левого) плеча»; «Пассивная подвижность правого (левого) плеча»; «Сила правой (левой) дельтовидной мышцы»; «Ротация правого (левого) плеча»; «Сила правой (левой) грушевидной мышцы»; «Локальная болезненность поясничного региона»; «Локальная болезненность грудного региона». Программное решение реализовано на платформе Android и имеет интуитивно понятный интерфейс с возможностью визуального выбора вариантов проведенного тестирования. Все вышеописанные параметры рассчитываются автоматически после выполнения тестирования. Проведенное исследование спортсменов экспериментальной группы позволило установить достоверные отличия с контрольной группой. При этом выявленные статистически более высокие показатели ННМФ, НСФ, НСФБ и КДА в основной группе указывают на наличие достоверных нарушений соответствующих функций.

Валидация разработанного приложения требует проведения дополнительных сравнительных исследований, в том числе в динамике учебно-тренировочного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Parkkari, J. Is it possible to prevent sports injuries? Review of controlled clinical trials and recommendations for future work / J. Parkkari, U. M. Kujala, P. Kannus // Sports Med. – 2001. – N 31 (14). – P. 985–995.
2. Lauersen, J. B. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials / J. B. Lauersen, D. M. Bertelsen, L. B. Andersen // Br J Sports Med. – 2014. – N 48 (11). – P. 871–877.
3. The prevention of sport injury: an analysis of 12,000 published manuscripts / M. Klügl [et al.] // Clin J Sport Med. – 2010. – N 20 (6). – P. 407–412.
4. Verhagen, E. Setting our minds to implementation / E. Verhagen, C. F. Finch // Br J Sports Med. – 2011. – N 45 (13). – P. 1015–1016.
5. Verhagen, E. If athletes will not adopt preventive measures, effective measures must adopt athletes / E. Verhagen // Curr Sports Med Rep. – 2012. – N 11 (1). – P. 7–8.
6. Consensus statement on concussion in sport – the 3rd International Conference on concussion in sport, held in Zurich, November 2008 / P. McCrory [et al.] // J Clin Neurosci. – 2009. – N 16 (6). – P. 755–763.
7. Conn, J. M. Sports and recreation related injury episodes in the US population, 1997–1999 / J. M. Conn, J. L. Annest, J. Gilchrist // Inj Prev. – 2003. – N 9 (2). – P. 117–123.
8. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries / C. W. Fuller [et al.] // Scand J Med Sci Sports. – 2006. – N 16 (2). – P. 83–92.
9. A three-year epidemiological study of injuries affecting young female gymnasts / K. Knutzena [et al.] // Physical Therapy in Sport. – 2003. – N 4. – P. 10–23.
10. Chéron, C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in children and adolescents: a systematic review / C. Chéron, C. Le Scanff, C. Leboeuf-Yde // Chiropr Man Therap. – 2016. – N 24. – P. 41.
11. Васильева, Л. Ф. Прикладная кинезиология. Восстановление тонуса и функций скелетных мышц / Л. Ф. Васильева. – М.: Эксмо, 2018. – 304 с.

07.06.2021