

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ТРЕНИРОВКЕ ГИБКОСТИ НА РАССТОЯНИИ

Исаева О.Л.¹, Киселева Е.С.¹, Конурина А.А.¹, Гудошник Е.Э.¹

¹ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск, e-mail: kiseleva.elizaveta.99@mail.ru

В последнее время набирает популярность интернет-поддержка здоровья. Наиболее востребованными видами помощи онлайн являются аудио- и видеоконсультации и консультирование при помощи текстовых сообщений. В условиях самоизоляции люди малоподвижны. Поэтому растет необходимость проведения онлайн лечебной физкультуры. Однако получаемые рекомендации могут быть субъективны из-за отсутствия количественных характеристик. Цель нашего исследования заключается в разработке методики дистанционного проведения измерений гибкости. Поддержание хорошей гибкости особенно актуально для женщин второго взрослого периода 35-55 лет из-за возрастных изменений. В настоящее время практически у всех есть ноутбуки, смартфоны. Гаджеты снабжены видеокамерами. Проведение дистанционных измерений возможно посредством видеокамеры. Результаты прохождения тестов фиксируются на камеру телефона. Одновременно результаты фиксируются классическим способом – с помощью рулетки. Обработка результатов производится с помощью программного комплекса ImageJ (Fiji). Предполагается оценить гибкость позвоночника, используя фотографическое изображение испытуемого, проходящего тест наклона вперед из положения сидя, с использованием программного комплекса ImageJ (Fiji). Проведены тесты для качественной оценки подвижности позвоночника. Во всех случаях сравнивали результаты, полученные классическим методом и дистанционным. Все полученные измерения совпадали с точностью до 0,001 см. Методика позволяет более детально подходить к анализу допущенных ошибок при выполнении упражнений, что позволит улучшить результаты тренировок. Условием для применения методики является наличие видеокамеры в ноутбуке (или смартфоне). Результаты можно применять для дистанционной диагностики физического состояния пациентов, могут способствовать развитию систем машинного обучения и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: метод Пилатеса, измерение гибкости, интернет-поддержка здоровья.

USING A VIDEO CAMERA TO OBTAIN QUANTITATIVE MEASUREMENTS FOR DISTANCE FLEXIBILITY TRAINING

Isaeva O.L.¹, Kiseleva E.S.¹, Konurina A.A.¹, Gudoshnik E.E.¹

¹FGBOU VO "Ugra State University", Khanty-Mansiysk, e-mail: kiseleva.elizaveta.99@mail.ru

Recently, online health support has been gaining popularity. The most demanded types of online assistance are audio, video and text message counseling. In conditions of self-isolation, people are inactive. Therefore, there is a growing need for online physical therapy. However, the recommendations received can be subjective due to the lack of quantitative characteristics. The purpose of our study is to develop a method for remote measurement of flexibility. Maintaining good flexibility is especially important for women in the second adult period 35-55 years old due to age-related changes. Nowadays, almost everyone has laptops, smartphones. The gadgets are equipped with video cameras. Remote measurements are possible with a video camera. The test results are recorded on the phone camera. At the same time, the results are recorded in the classical way - using a tape measure. The results are processed using the ImageJ software package (Fiji). It is supposed to assess the flexibility of the spine using a photographic image of the subject undergoing the test of the forward bend from a sitting position using the ImageJ software package (Fiji). Tests were carried out to qualitatively assess the mobility of the spine. In all cases, the results obtained by the classical method and remote control were compared. All the measurements obtained coincided with an accuracy of 0.001 cm. The technique allows a more detailed approach to the analysis of mistakes made during exercise performance, which will improve the training results. A prerequisite for applying the technique is the presence of a video camera in a laptop (or smartphone). The results can be used for remote diagnostics of the physical condition of patients, and can contribute to the development of machine learning and artificial intelligence systems.

Keywords: Pilates method, flexibility measurement, online health support.

Фитнес играет ведущую роль в оздоровлении населения. Однако на постоянной основе в процессе оздоровительной тренировки задействовано не более 10% граждан

Российской Федерации [1].

Среди женщин наиболее востребованы оздоровительные занятия по методу Дж. Пилатеса. Доказано положительное влияние занятий по методу Пилатеса на сердечно-сосудистую, дыхательную систему, развитие силы, выносливости, на укрепление мышц спины и живота [2]. 70% упражнений в пилатесе выполняются лежа. Это позволяет минимизировать нагрузку на позвоночник и суставы [3].

Кроме того, занятия по методу Пилатеса не требуют специально оборудованного тренировочного места, поэтому подходят для самостоятельного занятия в домашних условиях женщинами старшего возраста, у которых не хватает времени или финансовых возможностей на посещение спортивных клубов. В последнее время набирает популярность интернет-поддержка здоровья. Наиболее востребованные виды помощи онлайн - аудио- и видеоконсультации и консультирование при помощи текстовых сообщений [4; 5]. В условиях самоизоляции люди малоподвижны. Поэтому растет необходимость проведения онлайн физических занятий. Однако получаемые рекомендации могут быть субъективны из-за количественных характеристик.

Цель нашего исследования заключается в разработке методики дистанционного измерения гибкости с использованием видеокамеры.

Задачи:

- 1) произвести пространственную калибровку видеокамеры;
- 2) провести стандартные упражнения на гибкость;
- 3) сравнить результаты общей гибкости в экспериментальной и контрольной группах;
- 4) сравнить результаты измерений по стандартной методике с результатами, полученными с помощью видеокамеры.

Методика и техника эксперимента

Для пространственной калибровки (рис. 1 а, б) видеокамеры использовали две масштабные линейки с крупным шрифтом. На линейках нанесены деления от -20 до +20 сантиметров. Калибровочные снимки делают как при горизонтальном, так и вертикальном положениях линеек. Отработку деталей методики проводили с картонным макетом, имитирующим кисти рук человека. Для остальных экспериментов потребовалось следующее оборудование: коврик для фитнеса, рулетка, гимнастическая скамья, штатив для телефона, смартфон Redmi 6 (операционная система Android 8.1 Oreo) с фронтальной камерой 12 Мп.

Для сравнения результатов измерений по стандартной методике с результатами, полученными с помощью видеокамеры, использовали картонный макет, имитирующий

кисти рук человека. Анализ изображений осуществляли в свободно распространяемой программе с открытым исходным кодом ImageJ (Fiji).

Указанный макет был поставлен на скамью. Крайние точки макета, имитирующие кончики пальцев рук, совмещены с нулевым значением горизонтальной линейки ($r=0$). Телефон на штативе выставлен параллельно скамье (угол поворота телефона $\alpha=0$) на расстоянии 2 метров от нее, на высоте 25 см от пола. Значения параметров положения макета фиксировались на магнитно-маркерной доске соответствующими буквенно-цифровыми символами.

Как известно, объективы искажают перспективу сцены. Широкоугольные объективы увеличивают объект, а теле- и фотообъективы сжимают размеры объекта. Поэтому нужно обязательно выяснить допустимую область визирования. Для этого производят измерения с разным расположением объектива телефона относительно параллельной ему области измерений. Телефон устанавливают на штативе. В исходном положении проекция объектива камеры телефона совмещена с нулевым делением горизонтальной линейки. Получают фотографический снимок, на котором очевидно соответствие положения крайних точек макета нулевому значению на горизонтальной линейке.

Далее положение скамьи с макетом смещалось в горизонтальном направлении вправо и влево от исходного положения с шагом 25 см. Каждое положение фиксировалось камерой телефона с помощью фотографического снимка. При этом положение штатива не менялось, плоскость телефона и плоскость измерений оставались параллельными. Взаимоположение объектива и области измерений считаются допустимыми до тех пор, пока отклонение от измерений стандартным методом не существенно (рис. 1 в).

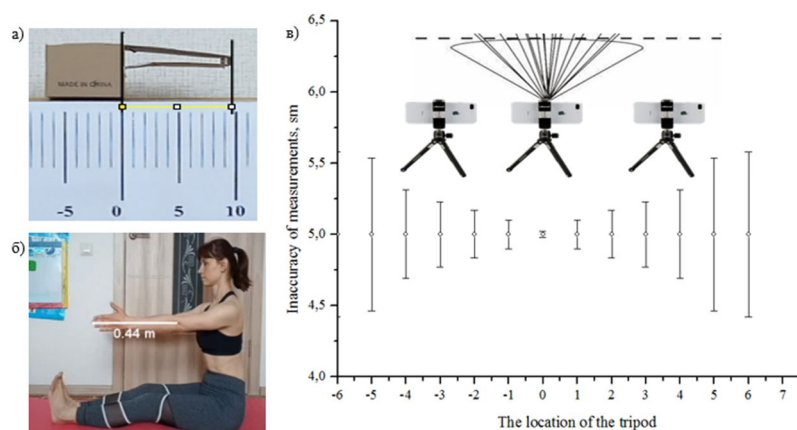


Рис. 1. Пространственная калибровка видеокамеры: а) по масштабной линейке; б) по известному расстоянию; в) определение ширины области пространства, внутри которой можно производить измерения

Увеличение или уменьшение расстояния между плоскостью измерения и местом дислокации видеокамеры требуют пространственной рекалибровки. В условиях массовых тренировок, проводимых дистанционно, в качестве известной величины может выступать любая часть тела известного размера. Например, длина руки от локтевого сгиба до кончика среднего пальца. При сравнении фактической длины руки участника эксперимента, измеренной рулеткой ($44,50 \pm 0,05$ см), с результатами дистанционных измерений с помощью видеокамеры, отклонения проявились только в тысячных – $44,503$ см. Таким образом, становится очевидной перспектива применения видеокамеры для получения дистанционно количественных оценок гибкости.

Для прохождения первых тестов используется деревянная скамья с зафиксированными на ней с противоположных фронтальных сторон линейками для горизонтального и вертикального измерения результатов. При этом нулевое значение горизонтальной измерительной линейки совмещается с ребром торца скамейки, нулевое значение вертикальной линейки совмещается с верхней границей горизонтальной плоскости скамейки. Скамейка устанавливается на тренировочном коврике, выставляется камера. Телефон закрепляется на штативе строго параллельно скамейке на расстоянии 2 м от нее, на высоте, соответствующей проводимым измерениям. Объектив камеры телефона совмещается с нулевым делением горизонтальной линейки для теста из положения сидя; при развороте скамьи на 180 градусов для теста из положения стоя - по центру (по горизонтали) вертикальной линейки. В ходе проведения тестов положение камеры не меняется. Выбор расстояния удаленности камеры от скамейки определен эмпирическим путем и обусловлен оптимальным соотношением видимости делений измерительной линейки и всего тела человека, проходящего тестирование из положения сидя.

В эксперименте измерения гибкости позвоночника приняли участие две группы женщин 35-50 лет по 10 человек каждая. Средний возраст экспериментальной группы женщин, занимающихся на регулярной основе по методу Пилатеса, составил 42,6 года, в экспериментальной группе женщин, не занимающихся физической активностью – 41,4 года. Показателем общей гибкости индивида является индекс (Н), вычисляемый как частное от деления величины прогиба (h) на усеченную длину тела (L) [6]:

$$N=h/L, \quad (1)$$

где N – индекс гибкости;

h – расстояние от вертикальной стенки до крестцовой точки испытуемого;

L – длина тела до седьмого шейного позвонка.

Общая гибкость представляет собой степень подвижности всех суставов в теле человека [7]. Она позволяет совершать движения с наибольшей амплитудой. Проведено несколько тестов (рис. 2) на определение гибкости.

1. Тест «Наклон вперед из положения сидя на полу с прямыми ногами».

Участник выполняет испытание (тест) в спортивной форме, позволяющей определить выпрямление ног в коленях (шорты, легинсы), без обуви. Наклон выполняется из положения сидя на гимнастическом коврике с прямыми ногами в коленях и вертикально расположенными ступнями ног. При выполнении испытания (теста) участник выполняет два предварительных наклона вперед, скользя пальцами рук (кости рук вместе) вдоль туловища. При третьем наклоне участник максимально сгибается и фиксирует результат в течение 2 секунд [8].

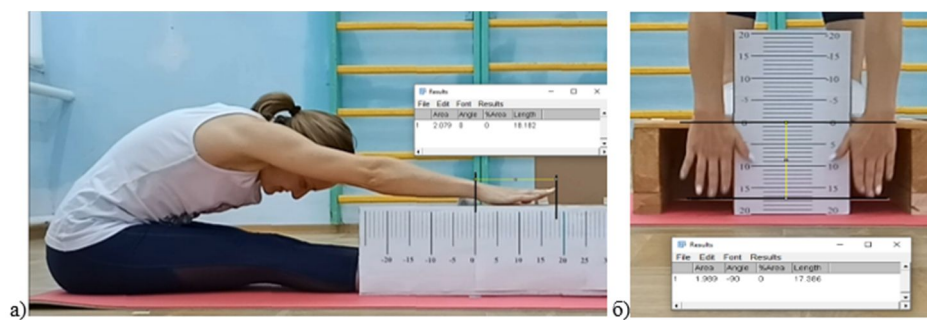


Рис. 2. Процедура тестов на гибкость: а) из положения сидя; б) из положения стоя.

Результат тестирования фиксируется линейкой с нулевым отсчетом в обе стороны от вертикальной линии основания стоп тестируемого. Величина гибкости измеряется в сантиметрах. Результат до вертикальной линии основания стоп обозначается со знаком "-", после - со знаком "+"

2. Тест «Наклон вперед из положения стоя на скамье с прямыми ногами».

Участник выполняет тест из исходного положения, стоя на скамье с выпрямленными в коленях ногами, ступни ног расположены параллельно на ширине 10-15 см. Участник выступает в спортивной форме, позволяющей определять выпрямление ног в коленях. Участник выполняет два предварительных наклона, ладони двигаются вдоль линейки измерения. При третьем наклоне участник удерживает нижнее положение ладоней обеих рук в течение 2 с [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты оценки общей гибкости тела участников обеих групп методом наклона вперед и с помощью индекса гибкости тела представлены в таблице 1.

Оценка общей гибкости тела участников обеих групп методом наклона вперед и с помощью индекса гибкости тела

Группа Участник	Среднее значение результата теста наклонов, см (измерения стандартным методом)				Среднее значение результата теста наклонов, см (измерения с видеокамерой)			
	занимаются пилатесом		не занимаются		занимаются пилатесом		не занимаются	
	сидя (Э1)	стоя (Э2)	сидя (К1)	стоя (К2)	сидя (Э 1)	стоя (Э 2)	сидя (К 1)	стоя (К 2)
1	12.42	17.64	1	3	12.421	17.639	1.001	2.999
2	12.57	13.45	13	14.5	12.569	13.451	13.002	14.501
3	10.79	10	2.38	5.22	10.791	10.001	2.381	5.219
4	16.8	20	10.28	13.68	16.801	19.999	10.277	13.681
5	15.87	17.21	1	6	15.869	17.211	1.001	6.001
6	18.92	20	0	1.5	18.921	20.001	0.001	1.499
7	15	16.5	2	4	15.001	16.498	2.001	4.001
8	13	15	5	7.5	12.999	15.001	4.998	7.499
9	14	16	-2	0	14.001	16.001	-1.998	0
10	12	15.5	0	3	11.999	15.499	0.001	2.999

Как видно из результатов, в группах женщин без физической активности результаты тестов имеют большой разброс. Перед сравнением средних значений выборок была проведена их проверка на нормальность. Тест показал, что все выборки подчиняются нормальному распределению. Применяем Т-тест (тест Стьюдента) к выборкам, полученным в контрольной группе и экспериментальной попарно: наклон сидя - измерения по стандартной методике и измерения с помощью видеокамеры; наклон стоя - измерения по стандартной методике и измерения с помощью видеокамеры. Результаты Т-теста представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты Т-теста проверки гипотезы различия средних значений, измеренных классическим и дистанционным методами

Сравнение средних

Описательная статистика						
VAR	N	Среднее значение	Среднеквадратичное отклонение	Дисперсия	Минимум	Максимум
Э1	10	14.137	2.4989	6.2446	10.79	18.92
Э 1	10	14.1372	2.4992	6.2459	10.791	18.921
Э2	10	16.13	2.9812	8.8875	10.	20.

Э_2	10	16.1301	2.9808	8.8851	10.001	20.001
K1	10	3.266	4.8152	23.1861	-2.	13.
K_1	10	3.2665	4.8145	23.1797	-1.998	13.002
K2	10	5.84	4.8544	23.565	0.	14.5
K_2	10	5.8399	4.8549	23.5703	0.	14.501

Сравнение средних			
<i>VAR</i>	<i>Среднее значение</i>	<i>95% LCL</i>	<i>95% UCL</i>
Э1	14.137	12.3494	15.9246
Э_1	14.1372	12.3494	15.925
Средняя разница (1-2)	-0.0002	-0.0005	0.0009
Э2	16.13	13.9974	18.2626
Э_2	16.1301	13.9978	18.2624
Средняя разница (1-2)	-0.0001	-0.0008	0.001
K1	3.266	-0.1786	6.7106
K_1	3.2665	-0.1776	6.7106
Средняя разница (1-2)	-0.0005	-0.0007	0.0017
K2	5.84	2.3674	9.3126
K_2	5.8399	2.3669	9.3129
Средняя разница (1-2)	0.0001	-0.0006	0.0008

Таким образом, результаты, полученные измерениями по стандартной методике и при помощи видеокамеры, достоверно не отличаются. Кроме того, возможности цифрового метода гораздо шире.

Как известно, для хороших прогибов необходимо работать не поясницей, а грудным отделом позвоночника. Таким образом, общая гибкость напрямую зависит от подвижности позвоночника. Поддерживать позвоночник в нормальном состоянии позволяют околопозвоночные мышцы. Они проходят в несколько слоев и способствуют нормализации позвонков, начиная от шейного и заканчивая копчиком. Укрепить мышечный каркас, поддерживающий позвоночник, нормализовать осанку и стабилизировать общее состояние здоровья помогает пилатес для спины. Участники, входящие в экспериментальную группу, занимались по методике Пилатеса в среднем в течение года. Участники в контрольной группе не занимались пилатесом. Для доказательства наличия различий средних значений гибкости участников в этих двух группах результаты оценены Т-тестом. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты Т-теста (проверка пользы пилатеса)

Описательная статистика

<i>VAR</i>	<i>N</i>	<i>Среднее</i>	<i>Среднеквадратичное</i>	<i>Дисперсия</i>	<i>Минимум</i>	<i>Максимум</i>
------------	----------	----------------	---------------------------	------------------	----------------	-----------------

		<i>значение</i>	<i>отклонение</i>			
Э1	10	14.137	2.4989	6.2446	10.79	18.92
К1	10	3.266	4.8152	23.1861	-2.	13.
Э2 (1)	10	16.13	2.9812	8.8875	10.	20.
К2 (2)	10	5.84	4.8544	23.565	0.	14.5

Сравнение средних			
<i>VAR</i>	<i>Среднее значение</i>	<i>95% LCL</i>	<i>95% UCL</i>
Э1 (1)	14.137	12.3494	15.9246
К1 (2)	3.266	-0.1786	6.7106
Средняя разница (1-2)	10.871	6.9229	14.8191

Сравнение средних			
<i>VAR</i>	<i>Среднее значение</i>	<i>95% LCL</i>	<i>95% UCL</i>
Э2 (1)	16.13	13.9974	18.2626
К2 (2)	5.84	2.3674	9.3126
Средняя разница (1-2)	10.29	6.0778	14.5022

Парный двухвыборочный t-тест			
Э1 \ К1		Э2 \ К2	
<i>Гипотетически</i>		<i>Гипотетически</i>	
<i>Средняя разница</i>	0.	<i>Средняя разница</i>	0.
<i>Средняя разница</i>	10.871	<i>Средняя разница</i>	10.29
<i>Дисперсия</i>	14.7153	<i>Дисперсия</i>	16.2262
<i>Пирсон R</i>	-0.0428	<i>Пирсон R</i>	-0.0767
Статистика теста	6.2288	Статистика теста	5.5262
<i>Степени свободы</i>	9	<i>Степени свободы</i>	9

Сравнение результатов общей гибкости в экспериментальной и контрольной группах свидетельствует о более высоких показателях гибкости позвоночника в группе занимающихся женщин (экспериментальная группа).

Так как при выполнении наклона вперед задействованы несколько суставов, тест показывает общую гибкость тела человека. С учетом специфичности проявления гибкости эти тесты не могут быть универсальными, позволяющим оценивать подвижность в отдельных суставах [10].

Поэтому для оценки гибкости позвоночника можно применить другие методы измерения. В дальнейшем предполагается оценить гибкость позвоночника, используя фотографическое изображение испытуемого, проходящего тест наклона вперед из положения сидя, с использованием программного комплекса ImageJ (Fiji). Для этого находится отношение площадей многоугольника, образованного сегментами изгибов позвоночного столба испытуемого и отрезками, проведенными из крайней верхней точки

изгиба позвоночника (на уровне 7 шейного позвонка) параллельно полу до пересечения с перпендикуляром на полу, проведенным на уровне пяток, к площади минимально ограничивающего испытуемого прямоугольника. Чем ближе значение отношения площадей к единице, тем более гибким считается позвоночник испытуемого [11].

Измерения проводили на одном человеке. Если проводят групповые занятия, то можно вводить масштаб для каждого участника и проводить массовые измерения. Необходимо учесть, что нельзя выходить из пространства допустимых погрешностей. Это еще одно достоинство метода измерений с использованием видеокамеры.

Выводы

В соответствии с целью работы произведена пространственная калибровка видеокамеры, проведены стандартные упражнения на гибкость, также проведены измерения общей гибкости в экспериментальной и контрольной группах женщин. Измерения гибкости осуществляли классическим методом и с помощью видеокамеры одновременно. В ходе исследований установлено:

- по результатам t-теста, измерения, проведенные по стандартной методике и при помощи видеокамеры, достоверно не отличаются. Все полученные измерения совпадали с точностью до 0,001 см;

- методика позволяет более детально подходить к анализу допущенных ошибок при выполнении упражнений, что позволит улучшить результаты тренировок. Условием для применения методики является наличие видеокамеры в ноутбуке (или смартфоне). Обычно стандартного разрешения видеокамер в гаджетах достаточно для проведения измерений.

При проведении физических занятий онлайн тренеру сложно оценить правильность и эффективность выполнения упражнений, получаемые рекомендации могут быть субъективны из-за отсутствия количественных характеристик. Благодаря использованию видеокамеры можно получать количественные измерения при тренировке гибкости. Это поможет оценивать правильность и эффективность тренировки гибкости (например, это может быть необходимо для проведения занятий по физической культуре в школах, вузах и др.). Также существует возможность продолжать тренировать гибкость в домашних условиях без посещения спортивных клубов, что особенно важно в период пандемии.

Рекомендации при работе с видеокамерой

- Телефон/видеокамеру необходимо закреплять на штативе строго параллельно скамейке на расстоянии 2 м от нее, на высоте, соответствующей проводимым измерениям.
- Объектив камеры телефона/видеокамеры должен совмещаться с нулевым делением горизонтальной линейки для теста из положения сидя; для теста из положения стоя - по центру (по горизонтали) вертикальной линейки.

- В ходе проведения тестов положение телефона/видеокамеры не должно меняться.
- Выбор расстояния удаленности телефона/видеокамеры от скамейки должен быть определен эмпирическим путем и обусловлен оптимальным соотношением видимости делений измерительной линейки и всего тела человека.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках исследовательского проекта 18-47-860018 р_а.

Список литературы

1. Резников В.А. Технология оздоровительной тренировки женщин среднего возраста с отклонениями в состоянии здоровья: дис. канд. пед. наук. Москва, 2017. 207 с.
2. Пилатес — комплекс упражнений. [Электронный ресурс]. URL: <https://fitomaniya.ru/uprazhneniya/pilates-kompleks-uprazhnenij/> (дата обращения: 25.11.2020).
3. Халецкая А.А. Пилатес как средство повышения интереса студентов к формированию культуры здоровья // За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества. 2020. С. 320-322.
4. Иванов В.Г., Лазарева Е.Ю. Что лежит в основе обращения клиента за психологической помощью в онлайн-форме? // Медицинская психология в России. 2019. Т. 11. №. 1 (54). С. 1-7.
5. Abbott J.-A.M., Klein B., Ciechomski L. Best Practices in Online Therapy. Journal of Technology in Human Services. 2008. no. 26 (2-4). P. 360-375.
6. Доленко Ф.Л. Определение гибкости тела человека // Теория и практика физической культуры. 1984. №. 6. С. 52.
7. Гибкость: понятие и ее основные характеристики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rebenokvsporte.ru/gibkost-ponyatie-i-ee-osnovnyie-harakteristiki/> (дата обращения: 25.11.2020).
8. Методические рекомендации по организации и выполнению нормативов испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса Готов к труду и обороне (ГТО) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья к государственным требованиям Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса Готов к труду и обороне (ГТО), утвержденным приказом Минспорта России от 12 февраля 2019 г. N 90 (утв. Минспортом России 30.04.2019). [Электронный ресурс]. URL: https://sudact.ru/law/metodicheskie-rekomendatsii-po-organizatsii-i-vypolneniiu-normativov_1/ (дата обращения: 25.11.2020).

9. Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gto.ru/recomendations/56eacdb5b5cf1c1f018b456f> (дата обращения: 25.11.2020).
10. Тесты для количественной оценки подвижности в суставах. [Электронный ресурс]. URL: http://cnit.ssau.ru/kadis/osnov_set/tema5/P7_541.htm (дата обращения: 26.11.2020).
11. Лобачёв В.С., Козлов Д.А., Никитин И.В. Измерение статической гибкости // Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. 2018. №. 7 (161). С. 156-160.