

Penitentiary Service of Russia)”, *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, No. 11 (165), pp. 215–218.

2. Nokhrin, M.Yu. and Mikhailov, A.S. (2018), “Universal structure of formation of skills of fighting techniques of wrestling”, *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, No. 8 (162), pp. 145–149.

3. Ministry of Justice of the Russian Federation (2001), “On approval of the Manual on physical training of employees of the criminal executive system of the Ministry of Justice of the Russian Federation”, Order N 301 dated 12.11.2001, available at: URL:<https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=647909#lkqwxTCJQtJDFfI1> (accessed 3 August 2023).

4. State Duma of Russian Federation (2018), “On service in the penal system of the Russian Federation and on amendments to the Law of the Russian Federation "On institutions and bodies executing criminal penalties in the form of imprisonment" (with amendments and additions)”, Federal Law of July 19, 2018 No. 197-FZ, available at: <https://base.garant.ru/71992738/> (accessed 3 August 2023).

Контактная информация: nohrin.mihail2013@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 01.11.2023

УДК 796.012

КИНЕМАТИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИСЕДАНИЙ ДЕВОЧКАМИ 11–15 ЛЕТ С УЧЁТОМ ИХ ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

Марина Александровна Одинова, кандидат биологических наук, доцент, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск

Аннотация

Оздоровительное воздействие физических упражнений обусловлено техникой их выполнения. Для дальнейших рекомендаций в данной статье проводится анализ кинематических параметров исполнения приседаний девочками 11–15 лет с учётом их соматотипа. Методика и организация исследования. На основе технологии компьютерного зрения было проанализировано 255 видео. Выявлена сила воздействия на ключевые точки коленных и тазобедренных суставов, а также средние углы сгибания ног при максимальной и минимальной нагрузке. Наибольшая сила воздействия на ключевые точки в рассматриваемых суставах наблюдается у большинства девочек дигестивного типа.

Ключевые слова: техника приседаний, девочки 11–15 лет, соматотип, компьютерный анализ.

DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2023.11.p270-276

KINEMATICS OF PERFORMING SQUATS BY GIRLS OF 11-15 YEARS OLD TAKING INTO ACCOUNT THEIR BODY TYPE

Marina Aleksandrovna Odintsova, candidate of biological science, docent, Novosibirsk State Pedagogical University

Abstract

The health-improving effect of physical exercises is conditioned by the technique of their performance. For further recommendations, this article analyzes the kinematic parameters of squats performance by girls of 11–15 years old taking into account their somatotype. Methodology and organization of the study. On the basis of computer vision technology 255 videos were analyzed. The strength of impact on key points of knee and hip joints, as well as average angles of leg flexion at maximum and minimum load were revealed. The greatest force on the key points in the joints under consideration is observed in the majority of girls of digestive type.

Keywords: squatting technique, girls 11–15 years old, somatotype, computer analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Период полового созревания оказывает сильное воздействие на формирование форм и функций организма, меняется способность управлять звеньями своего тела. Интенсивное

развитие современных подростков, как отмечают многие специалисты, часто сопровождается слабостью опорно-двигательного аппарата. В связи с этим существует проблема правильной организации выполнения физических упражнений. В первую очередь, техника их исполнения является необходимым условием достижения не только развивающего оздоровительного эффекта, но и снижения травмирующих воздействий определённого положения тела на опорно-двигательный аппарат.

С 11 до 15 лет наблюдается активный прирост силовых показателей мышц (АА., Гужаловский, В.К.Бальсевич, А.П.Матвеев и др.). При этом отмечено, что темпы полового созревания в зависимости от типа конституции девочек разные. (Захарова). Особенности телосложения также влияют на проявление силы в отдельных упражнениях. Поэтому представляет научный интерес исследование кинематических характеристик выполнения приседаний для дальнейшей оптимизации работы над техникой данного оздоровительного упражнения девочками среднего школьного возраста.

Цель данного исследования: на основе технологии компьютерного зрения проанализировать кинематические характеристики выполнения приседов девочками 11–15 лет с учётом их соматотипа.

Задачи: 1) выявить силу воздействия на ключевые точки тела девочек 11–15 лет разных соматотипов при различных фазах исполнения приседов с использованием компьютерной программы «CV-тренир»; 2) определить угловые параметры выполнения приседаний девочками 11–15 лет при максимальной и минимальной нагрузке на ключевые точки коленных и тазобедренных суставов.

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проходило с мая по октябрь 2023 года на базе пяти школ г. Новосибирска с девочками, обучающимися в 5–9 классах. Количество испытуемых составило 255 человек. После объяснения и показа техники упражнения было записано видео выполнения приседаний девочками 11–15 лет, которое обрабатывалось программой «CV-тренир», разработанной научной группой НГПУ на основе технологии компьютерного зрения. Эта программа позволила проанализировать технику выполнения физического упражнения и определить силу воздействия на ключевые точки на теле человека в процессе движения. Результаты исследования выражены в градусах, обозначающих углы сгибания линий конечностей при приседании, и в кг, выражающих силу воздействия на необходимые ключевые точки на теле. Достоверность отличий результатов между подгруппами определяли с помощью критерия Стьюдента при $p \leq 0,05$. На основе данных программы «CV-тренир» и измерения веса тела испытуемых определяли их принадлежность к определённому соматотипу по Рореру.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При выполнении любого физического упражнения, в частности приседаний, величина усилий в разных фазах движения будет разной. При этом каждый приседает по-своему в зависимости от обучаемости и обученности технике исполнения действия, от объёма и структуры мышечных волокон, длины отдельных звеньев тела и др. Представители астеничного, мышечного и дигестивного типов телосложения имеют разный объём мышечной массы и при равном росте разную массу тела. Рассмотрим особенности приседания и силу воздействия нагрузки на ключевые точки в коленных и тазобедренных суставах у представителей определённого соматотипа на рисунках 1 и 2.

Проанализировав рисунки 1 и 2, можно выделить, что при исполнении приседаний дважды наблюдаются повышение нагрузки на ключевые точки как в коленных, так и в тазобедренных суставах при движении тела сначала вниз, потом – вверх. При этом сила воздействия нагрузки снижается при максимальной глубине приседа, которая также может иметь отличия между представителями разных типов телосложения.

Рассматривая результаты исследования, представленные в таблице 1, можно отметить, что внутри каждой возрастной подгруппы в процессе приседаний и при сгибании ног и при разгибании, как в коленных, так и в тазобедренных суставах достоверных отличий между углами сгибания, соответствующих максимальной на них нагрузке, и силами воздействия на них не выявлено. При этом углы сгибания при наибольшей силе воздействия и сама нагрузка на тазобедренные суставы статистически значимо выше, чем на коленные, за исключением подгрупп 15-летних девушек астенического и дистигивного типов, где не выявлено значимых отличий. Так, характеристики большинства испытуемых отражают особенности техники выполнения приседов.

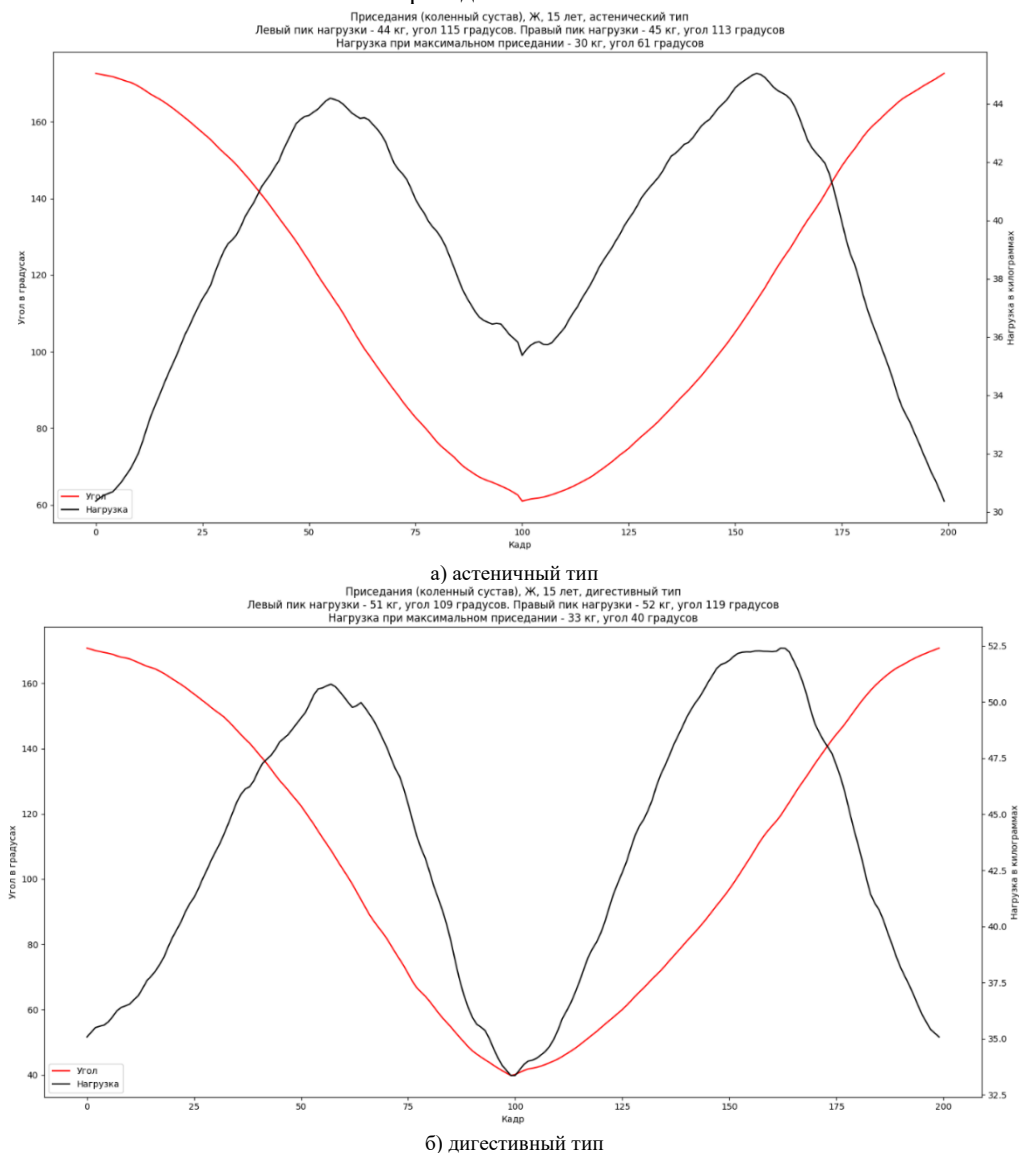


Рисунок 1 – Динамика углов сгибания и сила воздействия на ключевые точки коленных суставов при выполнении приседаний девочками 15 лет разного соматотипа

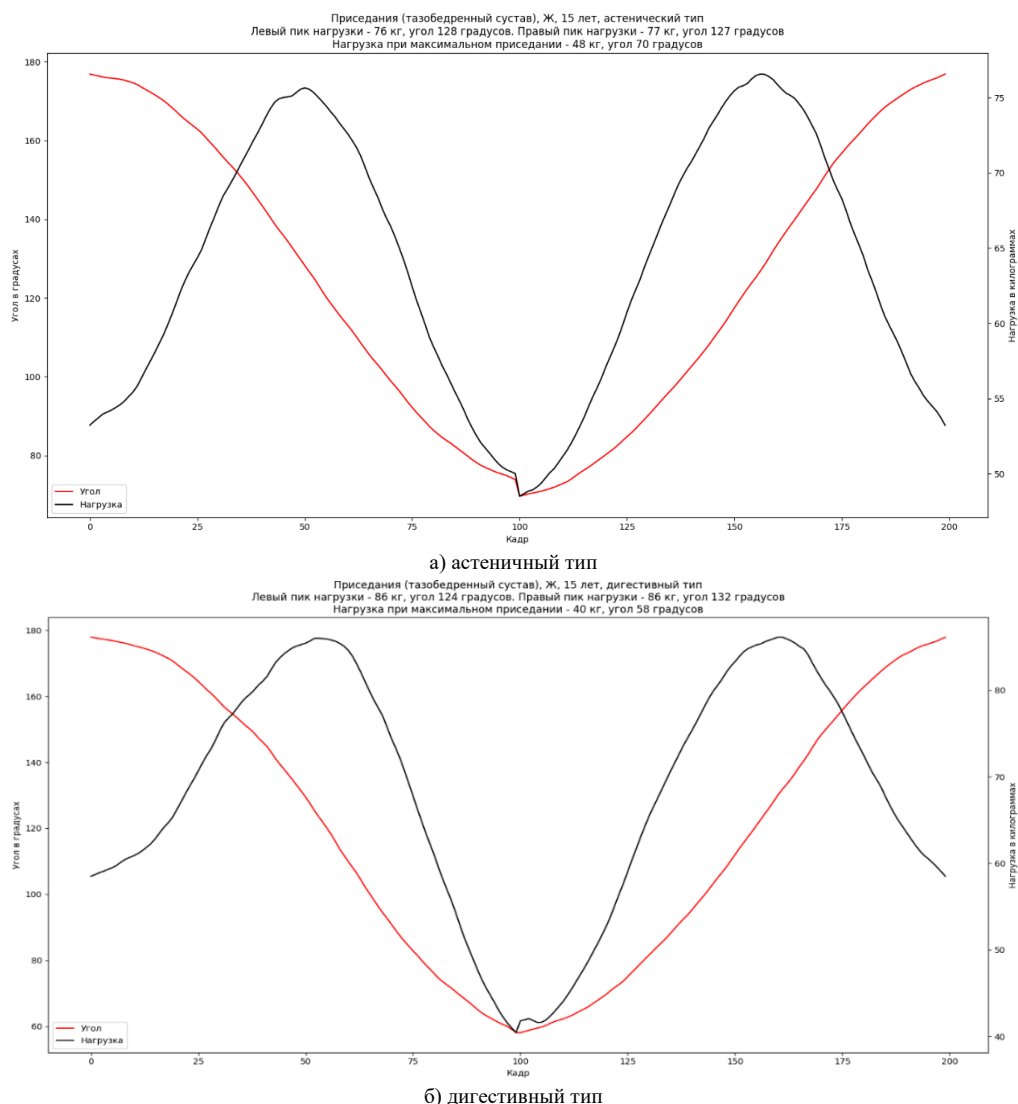


Рисунок 2 – Динамика углов сгибания и сила воздействия на ключевые точки тазобедренных суставов при выполнении приседаний девочками 15 лет разного соматотипа

Далее проанализируем подгруппы исследуемых в соответствии с типом телосложения. Статистически значимые отличия в подгруппе астеников наблюдались у 15-летних девушек по сравнению с девочками 12–14 лет. Максимальную нагрузку на коленные суставы они испытывали при более тупом угле сгибания, $115^{\circ} \pm 4,8$, в отличие от средних углов в указанных подгруппах (около $102\text{--}103^{\circ}$). Сила воздействия на ключевые точки коленных суставов при движении вниз и вверх была достоверно ниже в 11 лет и значимо выше – в 15 лет. Также было выявлено, что сила воздействия на ключевые точки тазобедренных суставов при сгибаниях и разгибаниях с возрастом увеличивается и имеет статистически существенные отличия в каждой возрастной подгруппе, кроме 13 и 14-летних.

В подгруппе девочек мышечного типа 13-14-летние имели достоверно большую силу воздействия и на коленные и тазобедренные суставы при сгибании и разгибании в сравнении с 11 и 12-летними.

Таблица 1 – Характеристики выполнения приседов девочками 11–15 лет с использованием технологии компьютерного зрения при максимальной нагрузке на ключевые точки тела в коленных и тазобедренных суставах

Тип телосложения	Возраст	Вес, кг	Коленные суставы			Тазобедренные суставы		
			Ср. угол сгиб. в колен. сус. при макс. нагруз., °	Сила воздей. на колен. сус. при сгибан. ног, кг	Ср. угол разгиб. в колен. сус. при максим. нагруз., град.	Сила воздей. на колен. сус. при разгиб. ног, кг	Ср. угол сгиб. в тазоб. сус. при максим. нагруз., град.	Сила воздей. на тазоб. сус. при разгиб. ног, кг
Астеничный	11	34,3±0,9	109,1±4,73	24±1,32х*	109,1±3,96	25±0,98х*	125±3,41	39±1,33*
	12	41,5±1,6	103±4,78	32±3,1	109±4,53	33±2,9	131±9,03	51±3,1^
	13	45,0±1,2	102±5,2	35±2,51	103±4,93	36±2,2	125±3,27	58±2,5#
	14	47,0±0,9	103±4,56	35±1,1	102±4,3	37±0,89*	127±5,78	58±1,62#*
	15	54,2±1,8	115±4,8х	44±3,1х*	113±5,15^	45±2,78х*	128±8,32	76±5,7^
Мышеч.	11	41,2±1,6	107±3,69	30±1,69*	108±3,92	31±1,51*	122±5,81	49±3,23*
	12	42,7±2,8	104±2,94	31±2,63	107±4,0	32±2,44	124±7,83	51±4,56
	13	51,7±1,1	99±4,78	40±2,0#	103±5,5	40±1,83#	113±8,41	63±2,4#
	14	52,0±1,7	102±3,53	41±1,79#*	107±3,29	42±1,48#*	125±5,84	67±1,75*
Дигестивный	11	50,0±1,2	106±3,89	37±1,47х*	110±3,1	38±1,27^*	122±3,96	61±2,5х*
	12	56,8±2,4	107±3,2	43±2,8*	106±3,0	44±2,52*	122±5,78	71±5,2*
	13	58,1±3,8	101±4,1	45±5,34	107±3,77	46±5,1*	123±6,85	76±8,6*
	14	58,3±1,5	104±4,58	45±1,93	108±5,27	46±1,87*	125±5,9	74±2,98*
	15	67,3±1,4	109±3,96	51±3,19х*	119±6,25	52±3,67^*	124±12,17	86±7,48х

Примечание: ^ – статистически значимые отличия внутри одного соматотипа, но разного возраста; # – статистически значимые отличия внутри одного соматотипа по отношению к 11-12 летним; х – по отношению к 12–14 летним; * – статистически значимые отличия между показателями девочек одного возраста, но разных соматотипов.

У девочек дигестивного типа сила воздействия на ключевые точки тела при исполнении приседаний также с возрастом увеличивается. Выявлено, что такая нагрузка на коленные суставы при сгибании и разгибании и на тазобедренные при сгибании в 11 лет достоверно ниже, а в 15 лет значимо выше, чем у испытуемых 12–14 лет. При сгибании данная сила воздействия на ключевые точки тазобедренных суставов у 11-летних существенно ниже по сравнению с другими возрастными подгруппами.

Анализируя характеристики приседаний девочек одного возраста, но разных типов телосложения, можно выделить, что при приседаниях сила воздействия на ключевые точки в коленных и тазобедренных суставах у 11 и у 14-летних девочек статистически значимо возрастает во всех трёх подгруппах соматотипов: от астеников к дигестивным. У 12-летних девочек дигестивного типа все рассматриваемые величины силы воздействия достоверно выше, чем у астеничного и мышечного типов.

Среди 13-летних девочек сила воздействия на тазобедренные суставы достоверно выше также у дигестивных по сравнению с другими исследуемыми типами. На коленные суставы при сгибании сила воздействия выше у дигестивных по отношению к астеникам.

У девочек 15 лет дигестивного типа только сила воздействия на ключевые точки коленных суставов в обоих рассматриваемых направлениях движения тела статистически выше, чем у представительниц астеничного типа.

Проанализируем глубину приседаний девочек в коленных и тазобедренных суставах и силу воздействия нагрузки на ключевые точки тела в них в таблице 2.

В таблице 2 можно увидеть, что хотя всем детям на основе показа рекомендовали приседать до сгибания в коленных суставах 90 градусов, средние результаты всех исследуемых подгрупп существенно отличаются от прямого угла сгибания. Это может говорить об особенностях восприятия, обучаемости, а также о естественном стремлении человека снизить нагрузку с учётом его физических возможностей.

Наблюдаются значимые отличия в глубине приседов как внутри подгрупп соматотипов, так и по возрастным группам. Внутри подгрупп определённого типа телосложения

можно заметить волнообразную кривую глубины сгибания в коленных и тазобедренных суставах. Анализ сгибания ног при приседаниях внутри одной подгруппы по телосложению показывает, что у девочек-астеников глубина приседа и угол сгибания в тазобедренных суставах в 11 и 13 лет больше, чем в 12, 14 и 15 лет. При этом в 15 лет девочки-астеники показали достоверно наименьшую глубину приседа по сравнению с другими исследуемыми возрастными группами, но которая наиболее приближена к рекомендуемой.

Таблица 2 – Средние показатели глубины приседаний в коленных и тазобедренных суставах у девочек-подростков с учётом соматотипа.

Тип телослож.	Возраст	Ср. угол сгибания в коленных суставах, °	Сила воздейст. нагрузки на ключ. точки коленных суставов, кг	Ср. угол сгибания в тазобедренных суставах, °	Сила воздейст. нагрузки на ключ. точки тазобедр. суставов, кг
Астеничный.	11	33±2,53^	15±1,1*	42±5,5^	14±0,89
	12	44±5,7	20±1,32^	57±6,94*	24±1,45^!
	13	36±3,41^	23±1,05^	40±5,88^	21±1,21^
	14	43±3,91	23±1,57	53±5,67	27±1,4^!
	15	61±7,17^*	30±1,82^	70±4,84^*	48±2,21^*!
Мышеч.	11	32±3,59	18±1,24*	43±4,53	17±2,6
	12	34±5,47	19±1,4	40±4,8	17±2,03
	13	32±6,1	26±1,23^!	37±4,36	21±1,33
	14	41±6,4	27±0,95^	48±3,51^	25±1,1^
Дигестивный	11	37±3,2	23±2,0*	47±4,32	24±2,3*
	12	36±5,0	28±3,31*	43±5,7	28±3,24^*
	13	44±8,31	31±3,7^*	41±4,96	37±4,15^*
	14	51±4,29^	29±2,62^*	62±4,02^*	43±4,52^*!
	15	40±9,8*	33±3,0^	58±4,85^*	40±3,3^*!

Примечание: ^ – статистически значимые отличия внутри одного соматотипа, но разного возраста; * – статистически значимые отличия между показателями девочек одного возраста, но разных соматотипов; ! – статистически значимые отличия силы воздействия внутри одной возрастной группы данного соматотипа.

Нагрузка на ключевые точки коленных суставов в группе астеников от 11 к 15 годам достоверно увеличивается в каждом возрастном этапе, кроме 13-14 лет. Нагрузка в тазобедренном суставе имеет волнообразно-восходящую динамику со снижением к 13 годам и затем дальнейшим повышением, и к 15 годам достигает 48 кг±2,21.

Внутри подгрупп мышечного типа у девочек не наблюдается достоверных отличий в глубине приседаний среди разных возрастных групп. Средний угол сгибания в тазобедренных суставах 14-летних девочек существенно выше, чем в 13 лет. Нагрузка на ключевые точки коленных суставов у представительниц мышечного типа в 13, 14 лет более высокая по сравнению с девочками 11 и 12 лет. При рассмотрении силы воздействия на ключевые точки тазобедренных суставов видим, что девочки 14 лет имеют статистически значимые отличия по сравнению с девочками-подростками других исследуемых возрастов.

У 14-летних представительниц дигестивного типа глубина приседа составляет 51°±4,29°, что достоверно больше, чем в 11 и 12 лет, а угол сгибания в тазобедренных суставах при этом значимо больше в 14 и 15 лет по сравнению с подростками 11–13 лет. Нагрузка на ключевые точки коленных и тазобедренных суставов имеет общую тенденцию и достоверно увеличивается от 11 до 15 лет за исключением нагрузки на коленные суставы, где значимые изменения выявлены, начиная с 13 лет.

Анализируя показатели глубины приседа, достоверные отличия данных показателей выявлены между подгруппами девушек 15 лет астеничного и дигестивного типов. Достоверно меньше сгибаются в тазобедренных суставах девочки-астеники 12 и 15 лет и девушки дигестивного типа 14, 15 лет. По показателям нагрузки на ключевые точки рассматриваемых суставов девочки дигестивного типа превосходят остальные подгруппы.

Сравнивая нагрузку на ключевые точки коленных и тазобедренных суставов, можно увидеть, что часто нагрузка на тазобедренные суставы достоверно выше у девочек-астеников 12, 14 и 15 лет и у 14 и 15-летних девушек дигестивного типа. В 13 лет у девочек мышечного типа нагрузка на ключевые точки коленных суставов проявилась, как более

высокая, чем тазобедренных.

ВЫВОДЫ

В результате исследования выявлено, что в процессе выполнения приседаний девочками-подростками дважды наблюдаются повышение нагрузки на ключевые точки коленных и тазобедренных суставов при сгибании и разгибании ног. Наименьшая сила воздействия на ключевые точки и коленных и на тазобедренных суставов наблюдалась в нижней точке приседаний.

Максимальная нагрузка на ключевые точки коленных суставов (от 22,7 кг до 47,8 кг) у девочек астеничного типа 11–15 лет наблюдается при угловых параметрах от 96,8° до 119,8°. При этом величина данной нагрузки достоверно выше у девушек 15 лет. В тазобедренных суставах угловой диапазон максимальной нагрузки (от 37,7 кг до 82,2 кг) составил от 118,8° до 136,3°.

У девочек 11–14 лет мышечного типа максимальная нагрузка на ключевые точки коленных суставов составила от 28,3 кг до 43,5 кг при сгибании ног от 94,2° до 111,9°. Ключевые точки тазобедренных суставов наибольшее воздействие (45,8кг–69,8кг) испытывали при угловом диапазоне 104,6°–130,8°.

У девочек дигестивного типа с 11 до 15 лет максимальная нагрузка на ключевые точки коленных суставов (35,5 кг – 55,7кг) при средних углах сгибания ног от 96,9° до 125,3°. В тазобедренных суставах максимальная нагрузка на ключевые точки, 58,5 кг – 93,5 кг, выявлена в угловом диапазоне 114,7°–142,3°.

Наибольший угол сгибания в коленных суставах при этом выявлен у девочек-астеников 15 лет ($61^{\circ} \pm 7,2$). Минимальная нагрузка в процессе приседаний отмечена при сгибании в коленных суставах в диапазоне средних показателей от 25,9° до 68,17°. В тазобедренных суставах минимальная нагрузка выявлена в диапазоне от $37^{\circ} \pm 4,36$ до 74,8°.

Выполнено по ГЗ: 073-03-2023-027 от 27.01.2023

ЛИТЕРАТУРА

1. Динамика состояния опорно-двигательного аппарата у детей и подростков/ А.А. Антонова, Г.А. Яманова, В.Г. Сердюков [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. – № 7. – С.53-56.
2. Конституциональные особенности полового созревания у девушек-подростков. / Т.Г. Захарова, В.Г. Николаев, И.П. Искра [и др.] // Сибирское медицинское обозрение. 2011. – Т. 68, № 2. – С. 65–73.
3. Тхорев В.И. Сенситивные периоды развития двигательных способностей учащихся школьного возраста / В.И. Тхорев, С.П. Аршинник // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2013. – № 1. – С. 40–45.
4. Комплексная оценка здоровья школьников с разным состоянием костно-мышечной системы / Н.Г. Чекалова, Н.А. Матвеева, Ю.Р. Силкин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2014. – № 4. – С. 66–69.

REFERENCES

1. Antonova, A.A., Yamanova, G.A., Serdyukov, V.G. and Magomedova, M.R. (2020), “Dynamics of the musculoskeletal system in children and adolescents”, *International Research Journal*, No. 7, pp. 53–56.
2. Zakharova, T.G., Nikolaev, V.G., Iskra, I.P. and Matyushenko, N.V. (2011), “Constitutional features of puberty in adolescent girls”, *Siberian Medical Review*, Vol. 68, No. 2, pp. 65–73.
3. Tkhorov, V.I. and Arshinnik, S.P. (2013), “Sensitive periods of development of motor abilities of school age students”, *Physical culture, sport - science and practice*, No. 1, pp. 40-45.
4. Chekalova, N.G., Matveeva, N.A., Silkin, Y.R. Kovalchuk, S.N., Dodonov, A.V. and Kozhevnikova, T.M. (2014), “Complex health assessment of schoolchildren with different state of the musculoskeletal system”, *Hygiene and sanitation*, No. 4, pp. 66–69.

Контактная информация: marya.ap@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.11.2023