

дисциплин, который может быть использован для объективного определения уровня санитарно-эпидемиологического благополучия и эффективного планирования профилактических мероприятий с учетом приоритетных по степени негативного влияния на здоровье детей факторов среды. Потребность в гигиенической оптими-

зации учебной деятельности, регламентации новых образовательных технологий приобретает все большую актуальность, и одним из этапов гигиенической оценки (экспертизы) инновационных педагогических технологий может служить оценка напряженности учебного труда школьников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Альбицкий В.Ю., Терлецкая Р.Н., Антонова Е.В. Состояние и проблемы здоровья подростков в России. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2014; 6: 10-14.
2. Кучма В.Р., Степанова М.И., Александрова И.Э., Шумкова Т.В., Седова А.С., Звездина И.В., Молдованов В.В., Сафонкина С.Г. Новый методический подход к гигиенической оценке условий обучения и воспитания детей в образовательных организациях. Гигиена и санитария. 2014; 93 (4):110-115.
3. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Ефимова Н.В., Мильникова И.В. ФР РОШУМЗ-16-2015. Федеральные рекомендации по оказанию медицинской помощи обучающимся «Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся».
4. Степанова М.И., Сазанюк З.И., Поленова М.А., Уланова С.А., Лашина И.П., Березина Н.О., Лапонова Е.Д., Шумкова Т.В., Воронова Б.З., Александрова И.Э., Седова А.С. Резервы здоровьесбережения учащихся в современной школе. Российский педиатрический журнал. 2011; 6: 37-41.
5. Сопин В.И. Проектирование содержания подготовки педагогов к разработке и использованию интенсивных методических систем. Человек и образование. 2012; 1(30): 162-167.
6. Barzegari A., Mehdivand A., Nourian E., Soleymani M. Investigation the injury incidence in school students of Babol city (Iran). Archives of Applied Science Research. 2011; 3 (6):521-526 (<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>) (access 08.07.2015).
7. Сухарева Л.М., Намазова-Баранова Л.С., Рапопорт И.К., Звездина И.В. Динамика заболеваемости московских школьников в процессе получения основного общего образования. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2013; 3: 18-26.

УДК 613.95:612.76

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНО-СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА У ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Храмцов П.И.

ФГБУ «Научный центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Контактная информация: Храмцов Петр Иванович. E-mail: pikhrantsov@gmail.com

В статье представлены результаты исследования функционального состояния мышечно-связочного аппарата у 42 детей 11–12 лет с использованием аппаратно-программного комплекса «FlexiScan». Оценка состояния мышц и связок проводилась на основе анализа результатов мышечного тестирования в процессе выполнения функционального теста (вставание и приседание). Установлена распространенность различных состояний мышечно-связочного аппарата (нормальное, ослабленное, закрепощенное) и представлена интерпретация выявленных изменений с позиций биомеханики и роли длительного положения сидя в формировании неблагоприятных изменений состояний различных групп мышц. Помимо обобщенных по группе данных о распространенности состояний разных групп мышц, результаты исследования дают возможность определить индивидуальные профили состояния мышечно-связочного аппарата и обосновать физические упражнения для коррекции их нарушений. Перспективы реализации такого подхода связаны с интеграцией физических упражнений коррекционной направленности в структуру урока физической культуры, а также в различные малые формы физического воспитания, в том числе в физкультминутки на уроках.

Ключевые слова: мышечно-связочный аппарат; функциональное тестирование; аппаратно-программный комплекс; физическое воспитание

FUNCTIONAL ANALYSIS OF MUSCULAR-LIGAMENTOUS APPARATUS IN CHILDREN WITH USING COMPUTER TECHNOLOGIES

P. Khramtsov

Scientific Center of Children's Health of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Contact: Peter Khramtsov. E-mail: pikhramtsov@gmail.com

The article presents the results of the study of the functional state of the muscular-ligamentous apparatus in 42 children of 11–12 years old with use of hardware-software complex “FlexiScan”. The evaluation of the condition of muscles and ligaments was performed on the basis of the analysis of the results of muscle testing in the progress of functional test (standing and squatting). It was founded the prevalence of different states of muscular-ligamentous apparatus (normal, weak, enslaved), and presented the interpretation of detected changes from the standpoint of biomechanics and the role of the prolonged sitting position in the formation of unfavorable changes in status of various groups of muscles. In addition to the generalized group data on the prevalence of conditions of different muscle groups, the results of the study enable to define individual profiles of the state of the muscular-ligamentous apparatus and to validate physical exercises for the correction of their violations. The prospects for the implementation of this approach relate to the integration of correctional exercises into the structure of the lesson of physical culture, as well as into various small forms of physical education, including physical flexing at the lessons.

Keywords: muscular-ligamentous apparatus; functional testing; hardware-software complex; physical education

Оценка функционального состояния мышечно-связочного аппарата является необходимым условием для обоснования объема и интенсивности физических нагрузок в процессе занятий физической культурой и спортом, эргономической оценки новых видов ученической мебели, а также для проведения скрининга костно-мышечной системы в процессе профилактических медицинских осмотров.

Существенно изменившиеся условия жизнедеятельности современных детей, новая цифровая среда их обитания с широким использованием информационно-коммуникационных технологий формируют малоподвижный, в основном сидячий образ жизни, характеризующийся комплексом негативных биомеханических факторов – фиксированное положение головы, приводящее к снижению модулирующего влияния вестибулярного аппарата на сенсорные системы организма; сниженный уровень механической нагрузки на стопы и суставы ног; ослабление и закрепощение мышц плечевого пояса, туловища, нижних конечностей, нарушение физиологических изгибов позвоночника.

Длительное положение сидя приводит к ослаблению (удлинению) одних групп мышц и закрепощению (укорочению) других. Нарушение исходного состояния мышечно-связочного аппарата не позволяет в полном объеме и без вреда для здоровья выполнять физические нагрузки, предъявляемые в процессе занятий физической культурой и спортом. Нормализация

баланса тонуса мышечно-связочного аппарата различных групп мышц является необходимым условием и потенциальным ресурсом повышения оздоровительной эффективности различных видов двигательной деятельности, а также успешного выполнения тестовых физических нагрузок.

Отличительной особенностью современных детей являются их низкие физические качества. Около 70% выпускников школ не могут выполнить контрольные нормативы по физической подготовленности. Опрос обучающихся 1-9-х классов, проведенный сотрудниками НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГБУ «НЦЗД» Минздрава России, показал, что 86,7% младших школьников и 79,3% школьников средних классов трудно сдавать нормативы физической подготовленности [1].

Результаты тестирования физической подготовленности во многом зависят от исходного состояния мышечно-связочного аппарата, оптимизация которого становится особо актуальной в связи с подготовкой и сдачей обучающимися нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО. Поиск резервов для успешной сдачи этих нормативов может быть связан именно с оценкой и последующей коррекцией функционального состояния мышц и связок посредством физических упражнений, подобранных в соответствии с индивидуальным профилем состояния мышечно-связочного аппарата у обследованных детей.

Существующие методы оценки состояния мышечно-связочного аппарата представлены тестами для оценки состояния определенных мышечных групп [2, 3]. Каждый тест позволяет оценить только отдельную группу мышц. Как правило, критерием оценки является объем движений в суставе, в котором оцениваемые мышцы формируют движения [4].

Эффективность исследований существенно повышается за счет использования современных аппаратно-программных комплексов, реализующих информационные технологии и компьютерные средства и позволяющих автоматически вычислять параметры функционального состояния организма в зависимости от цели и задач исследования.

Цель исследования – оценить функциональное состояние мышечно-связочного аппарата и распространенность различных его состояний у детей 11-12 лет с использованием аппаратно-программного комплекса «FlexiScan».

Материалы и методы. В исследовании приняло участие 42 обучающихся 5-х классов. Исследование проведено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). От родителей обследованных детей было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании, одобренном ЛНЭК ФГБУ «НЦЗД» Минздрава России.

Для оценки функционального состояния мышечно-связочного аппарата использовался аппаратно-программный комплекс «FlexiScan» [5]. Метод позволяет автоматически оценивать состояние мышц и связок нижних конечностей и таза по результатам выполнения функционального теста, включающего анализ и оценку уровня положения таза и степень отклонения осей нижних конечностей от вертикали в процессе приседания и вставания. В соответствии с методом обследования устанавливается исходное положение стоп на специальной площадке в зависимости от длины тела обследуемого. Руки отведены от туловища под углом 45°. Тест выполняется в среднем темпе в течение 3–5 с. По комплексной оценке результатов теста на основании соответствующего алгоритма устанавливается функциональное состояние мышц и связок стоп, голени, передней и задней поверхности бедра, отводящих и приводящих мышц бедра и ягодичных мышц справа и слева. Состояние мышц оценивается как ослабленное,

закрепощенное или нормальное. По результатам функционального тестирования формируется индивидуальный профиль функционального состояния мышечно-связочного аппарата каждого обследованного.

В процессе выполнения теста осуществляется 3D-видеосъемка с помощью приставки «Kinect», соединенной с ноутбуком и установленной на штативе на расстоянии 3 м перед обследуемым. Программное обеспечение позволяет регистрировать углы отклонения осей нижних конечностей от вертикальной линии, положение коленей и таза в горизонтальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях. В зависимости от регистрируемых значений величин определяется состояние мышц, обеспечивающих движение в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах.

Использованный в исследовании метод обсуждался на 4-м Европейском Конгрессе школ здоровья «Равенство, образование, здоровье» (7–9 октября 2013 г., г. Оденсе, Дания), по результатам которого признан инновационным методом и был включен в перечень инновационных практик, рекомендованных для внедрения в деятельность школ, входящих в Европейскую сеть школ здоровья [4].

Результаты и их обсуждение. Характеристика функционального состояния мышц и связок у детей 11–12 лет, полученная на основании результатов компьютерного анализа мышечного тестирования, представлена в таблице.

Анализ полученных данных проводился по следующим направлениям:

- 1) оценка распространенности различных состояний мышечно-связочного аппарата разных групп мышц (голени и стоп, бедра, ягодич);
- 2) соотношение распространенности ослабленных и закрепощенных мышц в разных их группах;
- 3) выраженность асимметрии ослабленных и закрепощенных мышц разных групп;
- 4) биомеханическая характеристика состояния разных групп мышц.

Для мышц голени и стоп характерна почти равная частота встречаемости состояний мышечно-связочного аппарата, оцениваемых как ослабленное и закрепощенное, соответственно, 27% и 32%. Причем справа и слева не отмечалось различий в распространенности выделенных состояний. Ослабленные мышцы голени и стоп приводят к снижению свода стоп и появлению

Частота встречаемости различных состояний мышечно-связочного аппарата у детей 11–12 лет по данным функционального мышечного тестирования с использованием АПК «FlexiScan» (%)

Состояние мышечно-связочного аппарата	Мышцы голени и стопы		Мышцы бедра								Ягодичные мышцы	
			передней поверхности		задней поверхности		приводящие		отводящие			
	d*	s	d	s	d	s	d	s	d	s	d	s
ослабленное	27	27	64	50	0	0	27	23	18	14	14	5
закрепощенное	32	32	0	5	77	77	0	0	0	0	77	77
нормальное	41	41	36	45	23	23	73	77	82	86	9	18
асимметрия	0		59		0		23		5		18	

*d – справа, s – слева

различной степени их деформации. Установленная в процессе исследования частота встречаемости ослабленных мышц стоп соответствует результатам популяционных исследований состояния свода стоп у детей 11–12 лет, которые составляют в среднем 25–27% [6].

Закрепощенные состояния мышечно-связочного аппарата голеностопного сустава определялись практически одинаково часто (32%). Эти состояния характеризуются повышенным тонусом и могут формировать повышенный свод стоп. При плантографических исследованиях, как правило, выявляют только выраженные нарушения. При таком состоянии свода стопы на плантограмме можно выявить только сужение опорной части стопы. В соответствии с методами оценки плантограмм такие состояния расцениваются как норма, но не полая стопа, при которой опорная часть полностью отсутствует на плантограмме. Этим можно объяснить несоответствие частоты встречаемости закрепощенных состояний мышечно-связочного аппарата голеностопного сустава и полой деформации стопы, соответственно, 32% и 7–12% [6]. Остальные 20–25% детей имеют неявные признаки полой деформации стопы и, скорее всего, составляют группу риска по ее формированию.

В соответствии с полученными результатами нормальное состояние мышц голеностопного сустава отмечалось менее чем у половины обследованных детей (41%).

Следующая группа мышц, состояние которых оценивалось в данном исследовании, представлена мышцами бедра правой и левой конечностей. Четко выраженное преобладание ослабленных мышц передней поверхности бедра,

установлено у 64% детей справа и 50% слева, а также явно выраженное преобладание закрепощенных мышц задней поверхности бедра – по 77% справа и слева.

Наиболее неблагоприятные изменения характерны для мышц задней поверхности бедра. Возможным объяснением такого соотношения состояний мышц передней и задней поверхности бедра является широкая распространенность сидячего образа жизни. С биомеханических позиций в положении сидя мышцы передней поверхности бедра находятся в растянутом состоянии, а задней поверхности бедра, наоборот, в сокращенном состоянии. Длительное сохранение такого положения, в том числе в процессе продолжительного школьного обучения, может привести к снижению тонуса и удлинению мышц передней поверхности бедра, повышению тонуса и укорочению мышц задней поверхности бедра.

Возможно предположить, что к старшим классам дети будут иметь закрепощенные мышцы задней поверхности бедра и ослабленные мышцы передней поверхности бедра, что может привести к нарушению баланса тонуса мышц голеностопного, коленного и тазобедренного суставов. При этом закрепощенные мышцы ограничивают подвижность суставов, в том числе тазобедренного, морфологически и функционально связанного с мышцами таза и туловища, а ослабленные мышцы приведут к нарушению устойчивости вертикальной позы (равновесия). Сниженный их тонус не обеспечит должного напряжения мышц в процессе регуляции статического и динамического равновесия (положение стоя и в процессе ходьбы). Это приведет к повышению напряжения других групп мышц, которые в условиях

нормального соотношения мышечного тонуса мышц бедра принимают минимальное участие в обеспечении устойчивости вертикальной позы. Это потребует дополнительных усилий организма и может привести к утомлению.

Приводящие и отводящие мышцы бедра, по результатам исследования, имеют менее выраженные изменения по сравнению с мышцами передней и задней поверхности бедра. Нормальное состояние приводящих мышц отмечено у 73–77% детей, отводящих – у 82–86% детей. Ослабленные приводящие и отводящие мышцы выявлены, соответственно, у 23–27% и у 14–18% детей. Закрепощенное состояние мышц не было отмечено ни у одного обследуемого. Следует отметить, что ослабление приводящих и отводящих мышц приводит к нарушению баланса мышечного тонуса, что способствует отклонению осей нижних конечностей от вертикали, проявляющемуся в нарушении положения стопы, и отклонению переднего ее отдела вовнутрь (косолапость) или наружу (чрезмерная развернутость). Такие положения стоп изменяют биомеханику ходьбы и приводят к нарушениям функционирования суставов нижних конечностей и обеспечения устойчивости вертикальной позы, повышая напряжение других групп мышц, участвующих в поддержании позы в статике и динамике. Дополнительное напряжение этих мышц приводит к их утомлению и снижению работоспособности.

Мышцы ягодиц, как и мышцы задней поверхности бедра, характеризуются выраженным распространением закрепощенного состояния. Частота встречаемости такого состояния одинакова у этих групп мышц, что указывает на общность их биомеханики и свидетельствует о выраженной роли «сидячего» положения в формировании негативных биомеханических изменений. Вместе с тем в отдельных случаях, ягодичные мышцы становятся ослабленными, хотя и не столь часто в сравнении с мышцами передней группы бедра. Таких случаев установлено всего 14% справа и 5% слева.

В соответствии с алгоритмом анализа результатов исследования проведена сравнительная оценка распространенности асимметрии различных состояний мышц справа и слева. Полученные данные свидетельствуют о наибольшей выраженности такой асимметрии среди мышц передней поверхности бедра, состав-

ляющей 59%. Эта асимметрия характеризуется большей распространенностью ослабленных мышц справа (64%), чем слева (50%) ($p < 0,05$) и небольшим преобладанием закрепощенных мышц слева (всего 5%). Нормальное состояние мышц чаще отмечалось слева, чем справа, соответственно, 45% и 36% ($p < 0,05$).

Вторая группа мышц по степени асимметрии их состояния представлена приводящими мышцами бедра (23%) и мышцами ягодиц (18%) с преобладанием измененных состояний мышц справа.

Третью группу составили мышцы голени, стопы и мышцы задней поверхности бедра. Асимметрия для этих групп мышц не является характерной (0%).

Анализ асимметрии состояния различных групп мышц не позволил пока выявить ее диагностическую значимость и объяснить биомеханическую природу этого явления. Однако наличие выраженной асимметрии среди мышц передней поверхности бедра и ее полное отсутствие среди мышц задней группы бедра ставит перед исследователями задачу поиска причин установленного различия и их биомеханического объяснения.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволили установить распространенность различных состояний мышечно-связочного аппарата и объяснить выявленные изменения с позиций биомеханики и роли длительного положения сидя в формировании неблагоприятных изменений состояний различных групп мышц у детей. Помимо обобщенных по группе данных о распространенности состояний разных групп мышц, результаты исследования дают возможность определить индивидуальные профили состояния мышечно-связочного аппарата и обосновать физические упражнения для коррекции их нарушений.

Перспективы реализации такого подхода связаны с интеграцией физических упражнений коррекционной направленности в структуру урока физической культуры, а также в различные малые формы физического воспитания, в том числе в физкультминутки на уроках.

Другим самостоятельным направлением профилактики нарушений состояния мышечно-связочного аппарата является организация самого урока с усилением его динамического компонента за счет использования инновационных подходов к обучению, предполагающих увеличение доли времени урока на самостоя-

тельную работу в свободном режиме общения и перемещения по классам. Примером такой организации урока является использование ученических конторок, позволяющих в более свободном режиме положения стоя осуществлять образовательную деятельность. Обучение за конторкой исключает те негативные последствия состояний мышц, которые характерны для положения сидя за ученическим рабочим местом – партой или столом. Аргументом в пользу использования ученических конторок в учебном процессе является также возможность механической нагрузки на стопы и суставы нижних конечностей в положении стоя. В положении сидя опорная нагрузка на стопы существенно снижена, что рефлекторно приводит к ослаблению мышц стоп и голени. Следствием этого является нарушение свода стопы и баланса тонуса мышц нижних конечностей, таза и туловища.

Проведенные исследования свидетельствуют о перспективности использования АПК «FlexiScan» для обследования детей с целью оценки индивидуального профиля их мышечно-связочного аппарата, установления ослабленных и закрепощенных мышц и обоснования физических

упражнений коррекционной направленности с последующей их интеграцией в различные формы двигательной активности детей, в первую очередь, в структуру урока физической культуры. Дальнейшие исследования с использованием АПК «FlexiScan» предполагают изучение зависимости состояния осанки, позвоночника и стоп от индивидуального профиля мышечно-связочного аппарата с целью разработки и научного обоснования методов профилактики их нарушений и деформаций на основе коррекции нарушений функционального состояния различных групп мышц.

Особый научный интерес представляет использование представленного методического инструментария для исследования мышечно-связочного аппарата у детей разных возрастных групп, отличающихся длительностью обучения в школе, а также выявление особенностей влияния образа жизни на формирование различных негативных изменений состояний разных групп мышц и разработка эффективных научно-обоснованных путей профилактики неблагоприятного влияния различных факторов риска, в том числе образовательных, на формирование мышечно-связочного аппарата обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Храмцов П.И., Березина Н.О., Седова А.С. Гигиеническая оценка влияния занятий физической культурой на функциональные возможности организма обучающихся с отклонениями в состоянии здоровья. *Здоровье населения и среда обитания*. 2014; № 4 (253): 43-45.
2. *FP Kendall, EK McCreary Muscles, Testing and Function*. Williams & Wilkins, 1983.
3. Букуп К. Клиническое исследование костей, суставов и мышц. Перевод с нем., М.: 2003.
4. Храмцов П.И., Комарек Л., Провазник Л. Количественная оценка функционального состояния мышечной системы у школьников в гигиенических исследованиях. *Гигиена и санитария*. 1987; 9: 58-60.
5. *Khramtsov P., Matveev K. Posture and physical education of students in the Russian Federation*. In: The 4-th European Conference on health promoting schools – Equity, Education and Health. Abstracts. 2013. Abstracts. Odense. 2013: 83-86.
6. Храмцов П.И., Крымский Е.Ф. Распространенность и структура нарушений опорно-двигательного аппарата у старшеклассников общеобразовательных учреждений разного вида. *Гигиена и санитария*. 2007; 3: 62-65.