

Терешкин А.Ф., Арапова М.П.

Российский государственный профессионально-педагогический университет,
Екатеринбург, Россия
tereshkin45@mail.ru; mararapova@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ БОЛЬШИХ ГРУПП МЫШЦ

Аннотация. В работе анализируются возрастные особенности функционирования двигательного аппарата у детей и подростков при статических напряжениях больших групп мышц, выполняемых до отказа от работы и дозированных по времени.

Ключевые слова: двигательный аппарат, статические напряжения, дети, подростки.

Tereshkin A.F., Arapova M.P.

Russian state vocational pedagogical university,
Ekaterinburg, Russia
tereshkin45@mail.ru; mararapova@yandex.ru

FEATURES OF THE FUNCTIONING OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH STATIC VOLTAGES OF LARGE MUSCLE GROUPS

Abstract. The paper analyzes the age-related features of the functioning of the musculoskeletal system in children and adolescents with static voltages of large muscle groups, performed prior to refusal of work and dosed in time.

Keywords: motor apparatus, static outfits, children, adolescents.

При физиологических исследованиях статических напряжений значительную информацию о состоянии двигательного аппарата можно получить, используя электромиографическую методику. Так, по данным электромиограммы можно судить о степени мышечного напряжения. При длительных статических нагрузках изменение биоэлектрической

активности мышц (БЭАМ) в сочетании с другими физиологическими показателями позволяет выявить начальные признаки и развившееся утомление [2]. Целью настоящей работы являлось изучение электромиографической характеристики физических упражнений, выполняемых детьми и подростками в изометрическом режиме, а также выяснение взаимодействия двигательной и вегетативных функций во время работы.

Исследовались мальчики 10 и 13 лет – учащиеся общеобразовательных школ. Испытуемые выполняли два статических упражнения с напряжением больших групп мышц (в положении сидя с усилием 70% от максимального и в положении лежа с удержанием веса тела). В первом упражнении испытуемый садился на пол лицом к гимнастической стенке, вытянутыми руками брался за ручки динамометра, сгибал ноги в коленях и опирался серединой стопы на нижнюю рейку. Разгибанием ног создавалось усилие, равное 70% от максимального, которое в одном случае удерживалось от отказа, а в другом – три раза по 6 секунд с 10-секундным интервалом отдыха между напряжениями.

Второе упражнение школьники выполняли, опираясь бедрами поперек гимнастической скамейки лицом вниз, ноги закреплялись под рейку гимнастической стенки, руки за голову, тело располагалось параллельно полу. В одном случае эта поза удерживалась до отказа от работы, а в другом – продолжительность удержания веса тела составляла 70% от максимального времени.

Обе нагрузки легко дозировались по времени, оказывали общее воздействие на организм испытуемых и позволяли регистрировать комплекс физиологических показателей во время работы.

БЭАМ регистрировалась на двухканальном электромиографе «MEDITOR» с чувствительностью 30 мкВ/мм. Отведение биотоков с двуглавой мышцы плеча, двуглавой мышцы задней поверхности бедра и широчайшей мышцы спины осуществлялось с помощью поверхностных серебряных электродов. Электромиограмма регистрировалась на всём протяжении статического усилия одновременно с такими показателями кровообращения и дыхания, которые давали представление об изменении минутного объема крови (МОК), минутного объема дыхания (МОД), потребления кислорода. Изменение БЭАМ анализировалось по

частоте и амплитуде осцилляций и суммарной биоэлектрической активности.

При выполнении статического упражнения в положении сидя до отказа, которое у детей длилось 17с, у подростков 25с, БЭАМ непрерывно возрастала. К концу работы этот показатель превышал начальную величину у детей на 36,5 % ($P<0,001$), у подростков - на 48,6 % ($P<0,001$). Наряду с однонаправленным характером сдвигов этого показателя между возрастными группами имелись существенные отличия по длительности периода рекрутирования двигательных единиц ($P<0,001$). Если у младших школьников такой период составлял 176 мс, то у подростков только 149 мс, что указывало на более совершенные механизмы регуляции мышечной деятельности в пубертатном возрасте. Непрерывное повышение БЭАМ до конца статической нагрузки свидетельствовало об увеличении числа возбужденных нейромоторных единиц, необходимых для выполнения заданного мышечного усилия. Синхронизация возбуждения мышечных волокон - одно из необходимых условий поддержания нормальной работоспособности. Во время выполнения статического напряжения, по-видимому, возникало доминирующее возбуждение в двигательной зоне коры больших полушарий, и происходило сопряжённое торможение нервных центров, отвечающих за функционирование вегетативных систем, которое выражалось в недостаточном увеличении МОК, МОД и потребления кислорода для энергообеспечения работающего организм. Подобные изменения по статическим усилиях отмечены у взрослых нетренированных людей.

При статической нагрузке в положении сидя, дозированной по времени (трёхкратные статические напряжения по 6с), БЭАМ уменьшилась от первого статического напряжения у третьего. Очевидно, кратковременный режим работы и отдых между статическими усилиями способствовали выбору оптимального количества мышечных групп для участия в последующей работе за счёт координации деятельности нейромоторных единиц. У детей и подростков уровень БЭАМ на всех трёх этапах был ниже, чем при нагрузке, выполняемой до отказа. По рекрутированию двигательных единиц отмечены лишь возрастные отличия, существенной разницы между статическими напряжениями не обнаружено. Дозированные по времени мышечные усилия требовали меньшей мобилизации деятельности двигательного аппарата, а

возбуждение, возникающее при этом в двигательной зоне, не являлось по всей вероятности, фактором, ограничивающим развёртывание функций кровообращения и дыхания. В обеих возрастных группах БЭАМ и длительность усилия были тесно связаны с вегетативным обеспечением. Так, например, коэффициент корреляции БЭАМ с потреблением кислорода составил у детей 0,69, у подростков 0,63, а при нагрузке до отказа соответственно 0,11 и 0,14. Корреляция потребления кислорода с длительностью усилия при дозированной статической нагрузке у подростков было больше, чем у детей (0,74 и 0,65). Во время выполнения статического упражнения в положении лёжа до отказа мышечные напряжения способствовали активизации деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Однако, в отличие от нагрузки в положении сидя, показатели работоспособности двигательного аппарата были теснее связаны с вегетативным обеспечением, что свидетельствовало о большей адекватности такой нагрузки для организма школьников. Продолжительность выполнения данного упражнения составила у детей 71с, у подростков 91с.

Двигательная функция при статическом напряжении в положении лёжа наряду со всеми исследованными физиологическими системами проходит начальную стадию приспособления к нагрузке. На это указывало постепенное повышение БЭАМ в обеих возрастных группах. Происходил поиск оптимального режима мышечной деятельности. При выполнении данного статического усилия, как и при нагрузке в положении сидя до отказа, у подростков наблюдалось более быстрое рекрутирование двигательных единиц (145 мс), чем у детей (180 мс). Различия были существенными ($P < 0,001$). Разновременность выработки вегетативных систем и двигательного аппарата вносила определенную дискоординацию в их деятельность, что подтверждали слабые корреляции БЭАМ с МОК, МОД, частотой и глубиной дыхательных движений. В дальнейшем БЭАМ достигала, по-видимому, оптимальной величины, отражая соответствие напряжения мышц для поддержания позы, так как оставалась почти постоянной на протяжении периода относительно устойчивого состояния. Это мышечное усилие может поддерживаться длительное время в результате сменности в деятельности нейромоторных единиц, которая происходит в результате попеременного возбуждения двигательных нейронов нервных центров, связанных с той или иной мышечной группой. При относительно

устойчивом состоянии в обеих возрастных группах улучшились связи показателей работоспособности двигательного аппарата с энергообеспечением, характеризующие более адекватную реакцию организма на величину и длительность статического усилия. Однако у детей взаимосвязи были выражены в меньшей степени. Это объясняется, на наш взгляд, недостаточно тонкой координацией между центрами, необходимыми для переключения нейромоторных единиц, что требует дополнительного функционального напряжения двигательного аппарата.

В дальнейшем выполнение статического упражнения сопровождалось в обеих возрастных группах нарастающим утомлением, признаком которого являлись полифазные биотоки, свидетельствовавшие о замедлении проведения возбуждения в нервно-мышечном аппарате. Однако у мальчиков 10 лет такие биотоки появлялись раньше, чем в 13-летнем возрасте (55 и 69 с, $P < 0,001$). Такая возрастная особенность указывала на повышение функциональной зрелости двигательного анализатора подростков. На этапе работы в обеих возрастных группах обнаружена высокая отрицательная корреляция МОК с систолическим объемом крови (-0,88 и -0,85), ухудшалась эффективность внешнего дыхания, о чем свидетельствовала несущественная связь МОД с дыхательным объемом (0,24 и 0,49). Нарастающее утомление в своей начальной фазе сопровождалось статически значимым увеличением БЭАМ по отношению к периоду относительно устойчивого состояния у детей и подростков соответственно на 7,7% ($P < 0,05$) и 7,6% ($P < 0,05$). Это можно объяснить следующим: для продолжения работы испытуемые должны были прилагать волевое усилие, которое требовало дополнительной мобилизации деятельности двигательного аппарата, связанного с ещё большей синхронизацией возбуждения нейромоторных единиц. В работу вовлекались группы мышц, ранее не участвовавшие в ней. Такая двигательная деятельность способствовала нарушению установившихся межсистемных взаимосвязей.

В конечной фазе статической нагрузки в положении лёжа до отказа в обеих возрастных группах происходило снижение БЭАМ по отношению к начальному периоду утомления, что являлось показателем особенно выраженного утомления. Происходила дальнейшая дискоординация двигательного и вегетативного функционирования, и, как следствие, отказ от работы.

Статическая нагрузка в положении лёжа, дозированная по времени, отличалась от статического усилия до отказа тем, что исключалась возможность появления утомления. Знание о предстоящей более легкой работе вызывало у испытуемых меньшее отрицательное влияние на функционирование вегетативных систем, особенно в период начального приспособления к статическому усилию. При дозированной нагрузке двигательный аппарат испытывал меньшее функциональное напряжение на всем протяжении работы. На этапе начального приспособления к статическому напряжению между нагрузками по данным БЭАМ имелись существенные отличия ($P < 0,001$). Длительность периода рекрутирования двигательных единиц у детей и подростков была также несколько короче. Вероятно, у испытуемых во время поиска оптимального режима мышечной деятельности при дозированном статическом усилии происходило более согласованное взаимодействие между центрами, вовлекающими в работу нейромоторные единицы, тем самым ограничивалась степень дополнительных мышечных усилий, снижались энергозатраты организма и возможность нарушения центрально-регуляторных взаимосвязей вегетативных систем. Поэтому в обеих возрастных группах устанавливались положительные корреляции БЭАМ и длительности периода начального приспособления к дозированной нагрузке с МОК, МОД и потреблением кислорода, чего не было обнаружено в тот же период при статическом напряжении до отказа.

На этапе относительно устойчивого состояния при дозированном статическом напряжении, как и при нагрузке до отказа, БЭАМ поддерживалась почти на постоянном уровне. В то же время в обеих возрастных группах она была статически значимо ниже, чем при статическом усилии до отказа ($P < 0,001$). В этом периоде дозированной нагрузки у детей и подростков регистрировались более тесные связи между двигательной функцией и показателями кровообращения и дыхания.

Систематическое использование статических упражнений, заключающихся в напряжении больших групп мышц дозированных по времени, на занятиях физической культурой, оказало заметное влияние на развитие двигательной функции у детей и подростков. В обеих возрастных группах, где применялись статические напряжения, существенно возросла сила отдельных групп мышц, скоростно-силовые качества и статическая выносливость, особенно у подростков.

Следовательно, двигательный аппарат детей и подростков недостаточно приспособлен к выполнению статических упражнений с напряжением больших групп мышц до отказа. В то же время дозированные по времени статические упражнения вызывают вполне адекватные реакции как двигательной функции, так и систем кровообращения, дыхания в обеих возрастных группах, что позволяет рекомендовать данные статические упражнения для применения на занятиях по физической культуре [1].

Подростки отличаются от детей более зрелыми механизмами регуляции мышечной деятельности при срочной и долгосрочной адаптации к статическим напряжениям. В пубертатном возрасте во время нагрузки значительно быстрее происходит рекрутирование двигательных единиц, и позднее появляются полифазные биотоки. У подростков, в отличие от детей, при систематическом повышении статических упражнений в большей мере улучшается функционирование двигательного аппарата.

Библиографический список

1. Костенко, А.П. Статические и динамические упражнения локального воздействия, как эффективное средство силовой подготовки школьников 5-7 классов / автореферат дис... кандидат педагогических наук. Краснодар, 1999.
2. Солодков, А.С. Особенности утомления при различных видах мышечной работы / А.С. Солодков // Сборник. Проблемы утомления и восстановления в спорте – СПб, 1992. – с. 9-12.