

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ У ЮНЫХ ДЗЮДОИСТОВ В МОДЕЛЯХ ПРОИЗВОЛЬНОГО РАССЛАБЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ В «ДНИ БОРЬБЫ»

А.Л. Аракелян, Т.В. Потапова*, А.М. Мкртумян
Южно-Уральский государственный университет,
Тюменский государственный университет*

Еженедельно проводимые «дни борьбы», когда каждый дзюдоист проводит от 4 до 5 схваток, предъявляют повышенные требования к полифункциональной мобильности и вариабельности организма спортсменов в юношеский ауксологический период. В статье представлены компоненты ЭНМГ ключевых мышц дзюдоистов в состоянии расслабления и напряжения за 5 минут до схваток и через 5–10 минут после их завершения.

Ключевые слова: адаптивная асимметрия, дни борьбы, вариабельность, устойчивость, модели произвольного расслабления и напряжения, ЭНМГ.

Спектр современных исследований электромиографии (ЭНМГ) позволяет судить не только о состоянии нейромышечного аппарата, но и о тех многогранных регуляторных влияниях, которые он оказывает на полифункциональную мобильность и вариабельность обеспечивающих систем организма спортсменов. Использовался электромиограф «Нейро-МВП», совмещенный с компьютером.

Методика исследования описана в наших предыдущих работах [1, 2]. Обследовались 25 дзюдоистов первого разряда и КМС в возрасте 16–19 лет на заключительном этапе подготовки к окружным соревнованиям. ЭНМГ показатели регистрировались с 4 ключевых мышц дзюдоистов легких и средних весовых категорий. Результаты исследований, проведенных до участия в «днях борьбы», представлены в табл. 1.

Исследуемые мышцы: двуглавая мышца плеча (*m. biceps brachii*) с основной функцией сгибания плеча в локтевом суставе и предплечья, поворачивающая его наружу; трехглавая мышца плеча (*m. triceps brachii*), которая тянет плечо назад, приводит плечо к туловищу; трапециевидная мышца спины (*m. trapezius*), при сокращении верхняя часть мышцы поднимает лопатку, нижняя опускает ее, а средняя приближает к позвоночнику.

При фиксированной лопатке и сокращении с двух сторон мышца наклоняет голову назад, а при одностороннем сокращении – несколько поворачивает лицо в противоположную сторону; широчайшая мышца спины (*m. latissimus dorsi*) при сокращении оттягивает конечность назад, поворачивает ее внутрь, принимает участие в дыхательных движениях; поперечная мышца живота (*m. transversus abdominis*) выполняет функцию брюшного пресса.

Таблица 1
Значения ЭНМГ компонентов в моделях произвольного расслабления и напряжения перед схватками в «день борьбы» у дзюдоистов

Ст.	Мышца, покой/нагрузка	МХ амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МкВ	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ*с
Бицепс, <i>m. biceps brachii</i>						
М	левая покой	2451,50	308,67	190,33	394,50	1,14
	правая покой	2333,33	323,67	205,45	398,25	1,20
	левая нагрузка	3265,50	304,00	177,33	371,25	1,23
	правая нагрузка	3426,00	359,17	219,80	387,50	1,41
m	левая покой	43,67	82,33	39,28	23,00	0,16
	правая покой	281,00	76,17	37,37	45,83	0,15
	левая нагрузка	472,50	81,83	36,62	43,50	0,19
	правая нагрузка	315,00	93,83	44,63	57,33	0,21
С V	левая покой	1,78	26,67	20,64	5,83	13,86
	правая покой	12,04	23,53	18,19	11,51	12,55
	левая нагрузка	14,47	26,92	20,65	11,72	15,07
	правая нагрузка	9,09	26,13	20,31	14,80	15,16

Окончание табл. 1

Ст.	Мышца, покой/нагрузка	МХ амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МкВ	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/ частота, МкВ*с
Трицепс, triceps brachii						
М	левая покой	5123,00	398,17	175,25	296,00	2,08
	правая покой	3442,00	417,00	185,98	282,50	2,13
	левая нагрузка	8442,83	242,50	120,65	332,00	1,10
	правая нагрузка	9410,00	390,33	180,75	298,75	1,94
м	левая покой	2023,67	200,00	59,72	27,17	0,71
	правая покой	659,17	260,50	81,72	21,33	0,85
	левая нагрузка	3297,33	42,67	13,42	10,33	0,14
	правая нагрузка	3168,67	201,50	66,93	26,17	0,60
CV	левая покой	39,50	50,23	34,08	9,18	34,26
	правая покой	19,15	62,47	43,94	7,55	39,75
	левая нагрузка	39,05	17,59	11,12	3,11	12,27
	правая нагрузка	33,67	51,62	37,03	8,76	31,06
Трапецевидная, m. trapezius						
М	левая покой	3147,50	424,33	276,38	408,00	1,55
	правая покой	4306,00	448,67	268,95	368,75	1,73
	левая нагрузка	3669,33	457,67	293,18	442,75	1,77
	правая нагрузка	4019,67	524,00	285,25	403,00	2,39
м	левая покой	571,50	214,00	94,92	65,83	0,46
	правая покой	939,17	196,67	80,20	38,33	0,46
	левая нагрузка	869,17	192,67	81,88	87,00	0,53
	правая нагрузка	1200,67	178,50	59,00	80,33	0,66
CV	левая покой	18,16	50,43	34,34	16,14	29,51
	правая покой	27,36	43,83	29,82	10,40	26,63
	левая нагрузка	23,69	42,10	27,93	19,65	29,90
	правая нагрузка	29,87	34,06	20,68	19,93	27,68
Широчайшая, m. latissimus dorsi						
М	левая покой	2749,00	477,50	288,25	417,75	1,82
	правая покой	2237,67	378,83	204,50	367,25	1,63
	левая нагрузка	4621,00	562,67	355,75	447,25	2,03
	правая нагрузка	2213,00	380,17	222,00	406,75	1,50
м	левая покой	361,17	159,00	65,33	27,33	0,39
	правая покой	112,17	107,67	45,33	36,00	0,31
	левая нагрузка	848,67	281,00	85,50	25,67	0,61
	правая нагрузка	87,50	74,33	27,17	32,33	0,27
CV	левая покой	13,14	33,30	22,67	6,54	21,21
	правая покой	5,01	28,42	22,17	9,80	18,71
	левая нагрузка	16,01	14,66	24,03	5,74	30,13
	правая нагрузка	3,95	19,55	12,24	7,95	17,70
Поперечная мышца, m. transversus abdominis						
М	левая покой	1343,67	304,17	178,75	196,50	1,17
	правая покой	1223,33	244,17	127,00	174,25	1,06
	левая нагрузка	3312,17	318,50	217,25	225,75	1,06
	правая нагрузка	1265,00	262,50	145,00	183,25	1,09
м	левая покой	69,00	17,50	1,17	8,67	0,10
	правая покой	30,67	18,17	2,00	5,83	0,09
	левая нагрузка	330,17	27,17	25,83	14,17	0,01
	правая нагрузка	141,33	7,17	14,33	14,83	0,07
CV	левая покой	5,14	5,75	0,65	4,41	8,26
	правая покой	2,51	7,44	1,57	3,35	8,35
	левая нагрузка	10,16	8,53	11,89	6,28	0,63
	правая нагрузка	11,17	2,73	9,89	8,09	6,28

Как следует из табл. 1, в моделях произвольного расслабления и напряжения в *m. biceps brachii* до борьбы наблюдалась асимметрия. В значениях максимальной амплитуды наблюдалась относительная устойчивость.

В показателях средней амплитуды отмечалась исключительная вариабельность ($CV > 20\%$), а несколько меньшая средняя вариабельность ($CV < 20\%$) была в показателях суммарной амплитуды. Параметры средней частоты и отношения амплитуды к частоте отмечались относительно высокой стабильностью. При наличии ярко выраженной левосторонней асимметрии в *m. triceps brachii* в значениях максимальной, средней и суммарной амплитуды отношения амплитуды к частоте усматривалась очень высокая вариабельность. В значениях средней частоты выявлялась высокая устойчивость показателей ($CV < 10\%$).

Показатели трапециевидной мышцы характеризовались асимметрией. При этом значения максимальной, средней и суммарной амплитуды, отношения амплитуды к частоте отличались высокой вариабельностью. Параметры средней частоты характеризовались средней вариабельностью. Значения *m. latissimus dorsi* также характеризовались асимметрией и высокой вариабельностью за исключением вариабельности средней частоты. Поперечная мышца живота при наличии асимметрии показателей характеризовалась во всех параметрах ЭНМГ относительной стабильностью. Исходя из материалов табл. 1, можно отметить следующее. В зависимости от участия мышц в соревновательной деятельности борца в порядке ранжирования значения максимальной амплитуды (МА) соответственно расположились: *triceps brachii*, *trapezius*, *latissimus dorsi*, *biceps brachii*, *transversus abdominis*. При этом все значения МА находились после разминки перед схватками на высоком уровне, значительно превышающем показатели относительного покоя [3, 4]. Результаты исследования до схваток характеризовались адаптивной асимметрией и мышечным напряжением. Максимальная амплитуда ЭНМГ характеризует силу мышечного сокращения трицепса, трапециевидной, широчайшей спины и бицепса. Выявлена исключительная откликаемость нейромоторного аппарата на предстоящую соревновательную нагрузку при учащении пульса до 130–140 уд./мин после разминки. Также наблюдалась динамическая сопряженность возбуждения мотонейронов и перестройка кардиореспираторной системы. В табл. 2 представлены компоненты ЭНМГ после 5–7 схваток.

Значения МА *m. biceps brachii* после схваток кумулятивного характера повысились ($P < 0,05$). Наблюдалась адаптивная асимметрия и снижение вариабельности. Аналогично повысились значения средней, суммарной амплитуды, средней частоты и отношения амплитуды к частоте ($P < 0,05–0,01$).

Более ярко изменение значений МА отмечалось в мышце трицепс ($P < 0,05$), которые снизи-

лись после дня борьбы. Вариабельность показателей снизилась после схваток. Различий в показателях средней амплитуды не обнаружено, а вариабельность снизилась, как и в предыдущих данных. Параметры суммарной амплитуды достоверно уменьшились после схваток ($P < 0,05$). Значительно уменьшилась вариабельность показателей (в 5–10 раз). Показатели средней частоты и отношения амплитуды к частоте уменьшились после схваток ($P < 0,05$).

Значения МА трапециевидной мышцы снизились после схваток, в связи с большой вариабельностью показателей на уровне 95%. При этом вариабельность МА, средней, суммарной амплитуды, отношения амплитуды к частоте существенно снизилась, а средней частоты повысилась после схваток.

Снижение наблюдалось в МА *m. latissimus dorsi* слева в покое, а справа повысились. При напряжении МА снизилась слева и справа. Вариабельность показателей была относительно низкой. Показатели средней амплитуды (СрА) достоверно снизились после совокупных нагрузок ($P < 0,01$). Вариабельность СрА также значительно уменьшилась. Аналогично изменялись значения суммарной амплитуды ($P < 0,01$). Существенно снизилась вариабельность показателей суммарной амплитуды. Значения средней частоты также снижались ($P < 0,05$), а вариабельность параметров повысилась. Отношения амплитуды к частоте снижались, достоверно уменьшаясь после схваток ($P < 0,01$). Вариабельность также уменьшилась в 2,5–3 раза. Значения МА *m. transversus abdominis* достоверно снизились после дня борьбы ($P < 0,05$). Вариабельность показателей была низкой. Параметры средней амплитуды также существенно уменьшились после схваток ($P < 0,05$). При этом вариабельность показателей была выше на порядок по сравнению с дорабочей. Достоверно снизилась суммарная амплитуда значений поперечной мышцы живота ($P < 0,05$). Вариабельность выросла на порядок. Наблюдалось некоторое повышение параметров средней частоты и их вариабельности. Значения отношений амплитуды к частоте несколько снижались при повышенном уровне вариабельности показателей.

Итак, нами рассмотрено влияние нагрузок соревновательного характера на нейрофизиологические показатели юных спортсменов. Модели, применяемые в работе, позволяют охарактеризовать динамичный уровень иннервационного возбуждения и торможения двигательных клеток надсегментарных, сегментарных и ядерных аппаратов. Идет постоянная перестройка регуляции нейромоторного аппарата. Наблюдались специфические изменения ключевых мышц конечностей и туловища. Так, до схваток после разминки доминировали значения МА трицепса, трапециевидной, широчайшей и бицепса, а после дня борьбы показатели расположились: широчайшая, бицепс, трапециевидная, трицепс, поперечная мышца. После дня

Таблица 2

Значения ЭНМГ дзюдоистов после схваток соревновательного характера через 10 мин

Ст.	Мышца, покой/нагрузка	МХ амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МкВ	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/ частота, МкВ*с
Бицепс, m. biceps brachii						
М	левая покой	3126	167	35,8	214	0,78
	правая покой	2628	158	35,4	225	0,7
	левая нагрузка	3169	177	38,6	218	0,81
	правая нагрузка	2727	166	38,3	231	0,72
m	левая покой	356,60	22,10	6,53	29,50	0,08
	правая покой	235,50	18,00	4,58	25,50	0,07
	левая нагрузка	562,00	20,50	4,53	22,10	0,09
	правая нагрузка	609,00	18,80	4,22	22,40	0,08
CV	левая покой	11,41	13,23	18,24	13,79	9,62
	правая покой	8,96	11,39	12,94	11,33	10,14
	левая нагрузка	17,73	11,58	11,74	10,14	11,48
	правая нагрузка	22,33	11,33	11,02	9,70	11,67
Трицепс, triceps brachii						
М	левая покой	2990	393	103	263	1,49
	правая покой	2435	176	43,3	246	0,71
	левая нагрузка	3849	696	196	281	2,47
	правая нагрузка	2666	190	47,1	249	0,76
m	левая покой	527,30	28,70	5,97	20,80	0,14
	правая покой	558,70	21,10	4,57	21,70	0,10
	левая нагрузка	529,30	25,60	8,75	34,20	0,08
	правая нагрузка	413,30	21,60	5,54	25,70	0,08
CV	левая покой	21,08	7,30	5,80	7,91	9,26
	правая покой	22,94	11,99	10,55	8,82	13,66
	левая нагрузка	13,75	3,68	4,46	12,17	3,04
	правая нагрузка	15,50	11,37	11,76	10,32	11,05
Трапецевидная, m. trapezius						
М	левая покой	3021	167	38,4	230	0,73
	правая покой	2429	156	33,9	218	0,71
	левая нагрузка	2842	191	43,1	225	0,85
	правая нагрузка	2384	157	35,7	227	0,69
m	левая покой	400,40	42,60	25,50	59,70	0,07
	правая покой	380,00	40,70	16,90	41,60	0,10
	левая нагрузка	300,10	43,00	33,70	78,40	0,06
	правая нагрузка	396,70	38,60	27,20	70,50	0,06
CV	левая покой	13,25	25,51	66,41	25,96	9,73
	правая покой	15,64	26,09	49,85	19,08	13,80
	левая нагрузка	10,56	22,51	78,19	34,84	6,47
	правая нагрузка	16,64	24,59	76,19	31,06	7,97
Широчайшая, m. latissimus dorsi						
М	левая покой	2305	168	38,1	228	0,74
	правая покой	3160	170	40,2	236	0,72
	левая нагрузка	3188	231	58,3	253	0,91
	правая нагрузка	2550	169	39,5	233	0,73
m	левая покой	317,30	26,80	13,10	49,00	0,06
	правая покой	334,60	28,30	14,00	49,40	0,06
	левая нагрузка	361,90	34,20	17,90	52,50	0,07
	правая нагрузка	352,80	35,10	18,60	53,10	0,07
CV	левая покой	13,77	15,95	34,38	21,49	7,43
	правая покой	10,59	16,65	34,83	20,93	7,92
	левая нагрузка	11,35	14,81	30,70	20,75	7,14
	правая нагрузка	13,84	20,77	47,09	22,79	9,04

Ст.	Мышца, покой/нагрузка	МХ амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МкВ	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ*с
Поперечная мышца, m. transversus abdominis						
М	левая покой	2895	173	39,1	226	0,76
	правая покой	2395	155	33,2	214	0,72
	левая нагрузка	2618	173	38,1	220	0,79
	правая нагрузка	2981	158	33,7	213	0,75
m	левая покой	382,40	96,50	35,40	36,70	0,26
	правая покой	357,80	78,70	26,00	33,10	0,24
	левая нагрузка	594,60	87,40	35,70	40,90	0,21
	правая нагрузка	337,10	76,60	24,70	32,20	0,24
CV	левая покой	13,21	55,78	90,54	16,24	34,61
	правая покой	14,94	50,77	78,31	15,47	33,06
	левая нагрузка	11,31	48,48	73,29	15,12	31,73
	правая нагрузка	–	–	–	–	–

борьбы уменьшилась разность показателей в моделях произвольного расслабления и напряжения. Вполне очевидно, что перед схватками доминировал процесс напряжения нейромоторного аппарата, а после дня борьбы выявлялся или относительный баланс, или преобладание тормозных процессов в связи с утомлением юных борцов.

Повышенная напряженность мышц отрицательно влияет на координацию движений, ограничивает проявление быстроты и скоростно-силовых качеств, приводит к повышенным энерготратам, снижая экономичность движений и специальную работоспособность. Адаптивная асимметрия предполагала модификацию программ подготовки с учетом вариабельности показателей ЭНМГ. Выявлены дифференцированные механизмы регуляции нейромоторного аппарата борцов, свидетельствующие об автоматизации управления. При этом просматривается надсегментарный уровень регуляции, позволяющий вносить коррективы и защитить организм от чрезмерных воздействий. Тонус нейромоторного аппарата у юных дзюдоистов после дня борьбы в состоянии расслабления, детерминированной относительной низкочастотной активностью двигательных единиц и низкопороговыми мотонейронами был ниже по сравнению с дорабочими значениями. Более высокая вариабельность показателей после дня борьбы свидетельствовала о нарушениях в регуляции нейромоторного

аппарата в связи с утомлением юных дзюдоистов, что требовало применения восстановительных процедур в дни отдыха.

Литература

1. Информационная унификация интегративных оценок в физкультурном образовании и спорте / А.П. Исаев, С.А. Кабанов, Р.У. Гаттаров, С.А. Личагина // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 8. – С. 6–9.
2. Романов, Ю.Н. Физиологические критерии эффективности подготовки юных кикбоксеров при реализации целевой комплексной программы: дис. ... канд. биолог. наук / Ю.Н. Романов. – Челябинск, 2007. – 147 с.
3. Электромиографическая характеристика волновой активности нервно-мышечной системы студентов 1–3-й группы здоровья в состоянии произвольного расслабления и напряжения мышц / А.П. Исаев, Р.У. Гаттаров, Ю.Н. Романов, В.И. Ляпало // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2007. – Вып. 10. – № 2 (74). – С. 20–31.
4. Юмагуен, В.Р. Механизмы адаптации функционального состояния кардиореспираторной и нейромускульной систем у кикбоксеров высокой и высшей квалификации: дис. ... канд. биол. наук / В.Р. Юмагуен. – Челябинск, 2008. – 140 с.

Поступила в редакцию 16 января 2009 г.