

ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЫШЦ В ГРУППАХ ОБСЛЕДОВАНИЯ И СРАВНЕНИЯ У СТУДЕНТОВ В СОСТОЯНИИ ПРОИЗВОЛЬНОГО РАССЛАБЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ

Р.У. Гаттаров, Т.В. Потапова, С.М. Зубков, А.С. Аминов, В.И. Ляпкало ЮУрГУ, г. Челябинск; *ТГУ, г. Тюмень*

Представлены новые данные ЭНМГ в состоянии произвольной регуляции тонуса мышц.

Нейрофизиология в интегральной оценке единой функциональной системы (ФС) и поведения человека в профессиональной деятельности занимает ключевое место в ансамбле наук. Концептуальный системно-синергетический подход требует объединения знаний по проблемам физиологии, биомеханики, психологии, биохимии, эргономики и др. наук, трансформируемых в кванты поведенческой и профессиональной деятельности. Деятельностный подход позволяет осуществлять программирование здравостроения.

Человекознание расширяет границы комплексных информационно-функциональных данных динамического состояния и надежности систем организма. Новая модель здравостроения объединяет усилия многих специалистов нормативно-правового, социально-защитного, медико-биологического, психолого-педагогического, управленческого и других спектров воздействия. Интеграция знаний об организме, создание теории здоровья, совершенствование ЗОЖ и ресурсной части оздоровления, построение модели целевых программ здравостроения, прогнозирование и верификация заболеваемости позволит добиваться улучшения функционального состояния и уровня здоровья. Обследованию подвергались 89 студентов группы вмешательства и 88 группы сравнения. Возраст обследуемых 16–19 лет ($M = 18,21 \pm 0,64$ года).

При этом исключительную значимость приобретает изучение биоритмов функционального и психофизиологического состояния у студентов. Стресс-напряжение студентов возрастает в начале учебного года и в период экзаменационных сессий. Исследование проведено на многофункциональном компьютерном комплексе «Нейро-МВП» [3] для электронейромиографии фирмы «Нейрософт» (Иваново).

Методика основана на регистрации биоэлектрической активности мышц с помощью поверхностных (накожных) электродов. Простота и безболезненность методики позволяет исследовать большое число мышц. Изучение интерференционной ЭМГ проводилось в состоянии произвольного расслабления и напряжения. Кон-

фигурации и осцилляции позволяли определять типы ЭМГ. Регистрировались максимальная, средняя и суммарная амплитуда, средняя частота и отношение амплитуды к частоте. Исследовались мышцы левой и правой стороны тела, что позволяло судить об асимметрии.

Математическая обработка материала осуществлялись по методике, описанной в книге «Наглядная статистика в медицине» [4]. Использовался пакет программ SPSS-12.

Результаты весеннего исследования *Biceps brachii* представлены в табл. 1. Как видно из табл. 1, в группах обследования и сравнения изучались показатели максимальной и средней амплитуды в состоянии расслабления различались, но статистически недостоверно. Остальные показатели изменялись, но также статистически не существенно. В период напряжения (табл. 2) достоверные различия выявлялись в средней амплитуде ($P < 0,05$). В табл. 3 представлены компоненты ЭНМГ *Triceps brachii* студентов в стадии расслабления.

В табл. 4 представлены компоненты ЭНМГ студентов в состоянии напряжения. Как видно из табл. 4, значимых различий компонентов ЭНМГ в группах обследования и контроля не отмечалось. С левой стороны отмечалось большее напряжение по сравнению с правой. Достоверные различия наблюдались в показателях суммарной амплитуды, средней частоты и отношение амплитуды к частоте ($P < 0,01-0,001$). В табл. 5 представлены компоненты ЭНМГ *Vastus medialis*. В максимальной амплитуде ЭНМГ левой и правой стороны различий не наблюдалось. В средней амплитуде и частоте были достоверные различия ($P < 0,01$).

В табл. 6 представлены показатели *Biceps femoris brechis* в состоянии произвольного расслабления. Как видно из табл. 6, в период произвольного напряжения показатели максимальной амплитуды слева и справа в группе обследования и сравнения значимо не различались. Компоненты средней и суммарной амплитуды, отношение амплитуды к частоте достоверно различались слева и справа ($P < 0,001$).

Таблица 1

Показатели ЭНМГ группы обследования и сравнения весной

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
в период расслабления (Biceps brachii) левая сторона					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	42,880	4,211	33,788	50,751
	2	53,117	3,863	45,345	60,888
Средняя амплитуда, МкВ	1	543,340	48,341	445,561	641,119
	2	519,014	45,865	426,455	611,573
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	5,115	0,435	4,234	5,996
	2	4,751	0,495	3,752	5,750
Средняя частота, 1/С	1	4,765	0,423	3,910	5,620
	2	4,728	0,448	3,823	5,633
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	5,478	0,448	4,570	6,385
	2	4,816	0,426	3,957	5,675
в период расслабления (Biceps brachii) правая сторона					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	55,374	5,194	44,913	65,834
	2	48,892	4,538	39,762	58,022
Средняя амплитуда, МкВ	1	452,571	40,210	371,367	533,776
	2	462,568	42,024	377,819	547,318
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	5,017	0,454	4,154	5,989
	2	4,416	0,448	3,512	5,320
Средняя частота, 1/С	1	5,166	0,421	4,316	6,016
	2	5,092	0,466	4,153	6,031
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	43,498	5,048	33,304	53,691
	2	55,257	7,234	40,669	69,845

Таблица 2

Показатели ЭНМГ студентов в состоянии напряжения

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
Biceps brachii (левая сторона – напряжение)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	452,217	41,479	368,675	535,760
	2	454,958	34,001	386,557	523,360
Средняя амплитуда, МкВ	1	427,500	42,074	342,758	512,242
	2	522,625	39,817	442,524	602,726
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	0,503	0,04	0,430	0,576
	2	0,517	0,04	0,442	0,591
Средняя частота, 1/С	1	4,611	0,422	3,761	5,461
	2	4,495	0,443	3,605	5,386
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	57,272	4,316	48,580	65,964
	2	56,521	5,633	45,390	67,651
Biceps brachii (правая сторона – напряжение)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	576,957	40,385	495,616	658,297
	2	517,186	40,241	436,233	598,142
Средняя амплитуда, МкВ	1	423,500	42,705	337,488	509,513
	2	524,604	40,060	444,014	605,195
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	0,473	0,04	0,400	0,547
	2	0,579	0,04	0,490	0,668
Средняя частота, 1/С	1	5,129	0,420	4,283	5,974
	2	5,275	0,428	4,415	6,136
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	52,587	4,730	43,060	62,114
	2	40,690	3,814	33,017	48,363

Таблица 3

Показатели ЭНМГ Triceps brachii в состоянии расслабления

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
Triceps brachii (левая сторона – расслабление)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	51,663	4,364	42,873	60,453
	2	49,194	3,699	41,752	56,636
Средняя амплитуда, МкВ	1	483,875	46,503	389,813	577,937
	2	497,837	51,041	394,832	600,843
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	6,128	0,437	5,244	7,011
	2	4,863	0,465	3,925	5,801
Средняя частота, 1/С	1	48,696	4,910	38,759	58,621
	2	52,191	4,566	42,976	61,405
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	45,825	4,477	36,769	54,881
	2	56,377	4,432	47,432	65,321
Triceps brachii (правая сторона – расслабление)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	49,720	4,848	39,954	59,485
	2	52,344	4,675	42,938	61,749
Средняя амплитуда, МкВ	1	506,825	48,217	409,297	604,353
	2	505,721	47,063	410,743	600,698
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	42,450	5,153	32,026	52,874
	2	48,144	4,691	38,677	57,612
Средняя частота, 1/С	1	579,300	45,277	487,719	670,881
	2	439,512	37,770	363,288	515,736
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	0,586	0,05	0,492	0,680
	2	0,518	0,05	0,424	0,612

Таблица 4

Состояние ЭНМГ характеристик студентов в весенний период

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
Triceps brachii (левая сторона – напряжение)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	451,557	44,722	361,883	542,031
	2	494,042	41,580	410,394	577,690
Средняя амплитуда, МкВ	1	505,952	48,777	407,446	604,959
	2	508,533	40,927	426,050	591,017
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	0,451	0,05	0,351	0,550
	2	0,509	0,05	0,418	0,601
Средняя частота, 1/С	1	0,571	0,05	0,471	0,670
	2	0,460	0,405	0,379	0,542
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	573,548	46,772	479,091	688,005
	2	521,644	49,513	421,858	621,431
Triceps brachii (правая сторона – напряжение)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	484,637	40,596	402,872	566,402
	2	450,771	42,133	366,009	535,532
Средняя амплитуда, МкВ	1	477,585	42,476	391,738	563,432
	2	474,956	50,921	372,330	577,580
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	0,460	0,042	0,376	0,543
	2	0,442	0,039	0,363	0,521
Средняя частота, 1/С	1	5,486	0,423	4,631	6,340
	2	4,248	0,412	3,417	5,079
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	50,054	4,617	40,724	59,384
	2	57,698	8,274	41,023	74,372

Таблица 5

Состояние ЭНМГ Vastus medialis (весна)

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
Vastus medialis (левая сторона – расслабление)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	57,922	5,624	46,595	69,249
	2	54,400	6,231	41,864	66,936
Средняя амплитуда, МкВ	1	423,643	41,215	340,408	506,878
	2	454,614	43,201	367,492	541,736
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	5,260	0,453	4,346	6,174
	2	5,022	0,384	4,247	5,797
Средняя частота, 1/С	1	4,671	0,457	3,748	5,595
	2	4,671	0,385	3,895	5,447
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	52,957	4,191	44,494	61,421
	2	53,296	4,411	44,399	62,192
Vastus medialis (правая сторона – расслабление)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	53,296	4,411	44,399	62,192
	2	57,045	4,565	47,652	65,438
Средняя амплитуда, МкВ	1	534,049	48,561	435,503	632,134
	2	763,886	41,545	380,103	547,670
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	5,375	0,446	4,473	6,277
	2	4,336	0,465	3,458	5,335
Средняя частота, 1/С	1	55,759	4,281	47,106	64,412
	2	57,633	3,730	50,111	63,155
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	48,091	4,622	38,749	57,433
	2	59,984	7,218	45,428	74,540

Таблица 6

Показатели Biceps femoris brechis в состоянии произвольного расслабления

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
Biceps femoris brechis (левая сторона – расслабление)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	49,809	4,316	41,116	58,502
	2	51,733	4,584	42,511	60,956
Средняя амплитуда, МкВ	1	4,145	0,521	3,092	5,199
	2	5,721	0,380	4,954	6,488
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	51,565	4,481	42,592	60,718
	2	57,819	4,273	49,196	66,441
Средняя частота, 1/С	1	4,849	0,465	3,908	5,780
	2	5,184	0,447	4,281	6,086
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	533,350	43,794	444,768	621,932
	2	434,047	45,238	342,752	352,341
Biceps femoris brechis (правая сторона – расслабление)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	54,946	4,273	46,399	63,552
	2	51,826	3,877	44,021	59,630
Средняя амплитуда, МкВ	1	455,033	48,350	357,235	552,830
	2	531,935	40,493	450,278	613,713
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	5,177	0,477	4,211	6,143
	2	5,712	0,489	4,725	6,699
Средняя частота, 1/С	1	5,215	0,439	4,327	6,109
	2	4,610	0,416	3,770	5,449
Амплитуда / частота, МкВ ^х С	1	4,587	0,493	3,588	5,586
	2	4,470	0,450	3,572	5,368

В табл. 7 представлены показатели *Biceps femoris brechis* в состоянии напряжения. Существенные различия выявлены по группам с левой стороны в максимальной амплитуде ($P < 0,05$). В средней частоте и отношении амплитуды к частоте слева и справа различия были достоверны ($P < 0,01$). По группам статистически значимых различий не наблюдалось.

Выявлены 2 типа ЭНМГ. Причем к 1-му типу относились 88 % обследуемых и 12 % – ко 2-му. ($n = 176$). На рисунках представлены ЭМГ характеристики обследуемых мышечных групп левой и правой стороны тела.

Как видно из иллюстрированного материала, данные левой и правой стороны в состоянии расслабления и напряжения различных мышц отличаются по высоте осцилляции поверхностной ЭМГ. Различаются характеристики спектра и турно-амплитудный анализ.

свидетельствует об утомлении, преобладании охранительного торможения.

Для поддержания и улучшения функционального состояния и уровня здоровья студентов необходима повышенная двигательная активность различных видов, адекватное, функциональное питание, устранение факторов риска. Интерференция физического, психического развития и функционального состояния в адекватный, симватный уровень здоровья возможна при надежности многоуровневых систем регуляции, саморегуляции и оценочной деятельности [5, 6, 2, 1]. Эффективное использование двигательных ресурсов, оптимизация функциональных состояний и повышение качества здоровья – важная задача морфогенеза, системогенеза и эргогенеза в ЗОЖ. Утомление связывают с окислительными возможностями мышечных волокон [9], с повышенным сопре-

Таблица 7

Показатели *Biceps femoris brechis* в состоянии напряжения

Параметры	Группа	Средние	Стандартная ошибка	95 % ДИДС нижняя граница	95 % ДИДС верхняя граница
<i>Biceps feemoris brechis</i> (левая сторона – напряжение)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	436,630	40,671	354,716	518,545
	2	522,646	44,720	432,681	612,610
Средняя амплитуда, МкВ	1	519,659	43,798	431,140	608,177
	2	503,546	40,807	421,251	585,840
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	0,392	0,043	0,305	0,479
	2	0,471	0,045	0,379	0,563
Средняя частота, 1/С	1	0,480	0,047	0,385	0,575
	2	0,498	0,042	0,414	0,583
Амплитуда / частота, МкВ*С	1	513,073	42,732	426,587	599,559
	2	541,591	43,712	453,437	629,745
<i>Biceps feemoris brechis</i> (правая сторона – напряжение)					
Максимальная амплитуда, МкВ	1	496,196	39,704	416,229	576,163
	2	461,625	38,938	383,292	539,958
Средняя амплитуда, МкВ	1	445,848	43,434	358,368	533,328
	2	512,979	42,568	427,343	598,616
Суммарная амплитуда, МВ/С	1	0,524	0,050	0,423	0,624
	2	0,600	0,067	0,464	0,736
Средняя частота, 1/С	1	4,727	0,429	3,864	5,591
	2	5,592	0,569	4,448	6,736
Амплитуда / частота, МкВ*С	1	60,898	4,436	51,964	69,832
	2	41,952	4,117	33,669	50,235

Из представленных данных следует, что в состоянии расслабления наблюдалось угасание осцилляций ЭМГ. Уникальное строение мышечных рецепторов, особенности передачи информации в центральных структурах, функциональные влияния ее практически на все системы организма определили повышенный интерес нейрофизиологов. Состояние ЭМГ, близкое к биологическому молчанию мышц,

зистентности к его развитию в волокнах с более высоким окислительным потенциалом [11]. Тренировка способствует повышению потенциальных возможностей митохондрии и этот совокупный метаболический ответ проявляется симватно повышению физической работоспособности [10]. Поэтому сократительная активность мышц способствует изменению адаптации и саморегуляции [12].

Нами при анализе ЭНМГ характеристик наблюдались различные осцилляции амплитуд сокращения мышц, свидетельствующие о неодинаковой силе мышечного сокращения и возбуждения. Однако не ясен механизм регуляции возбуждения и сокращения в развитии утомления, действительно ли различные потенциальные участки проявляют неодинаковую чувствительность к воздействию факторов, способных влиять на мышечную работоспособность. Например, при кратковременном произвольном напряжении мышц концентрация продуктов метаболизма определяет механизм снижения силы мышечных сокращений [8]. Неметаболическое утомление проявляется при эксцентричных мышечных сокращениях, когда энергетическая потребность в них низкая, а развиваемая сила высокая [7].

В процессе исследования при релаксации отмечались специфичность ЭНМГ характеристик, асимметрия, адаптивность или деадаптивность в нервно-мышечной системе. Наблюдалась высокая вариабельность электронейромиографических компонентов у студентов. В состоянии напряжения возрастали показатели максимальной амплитуды ЭНМГ, снижалась вариабельность показателей. Большинство характеристик средних частот в период напряжения увеличилось. Биологическая асимметрия носила специфический адаптивный характер.

Таким образом, в рабочем состоянии повысилась устойчивость нервно-мышечной системы, выявлены пороги диапазонов ЭНМГ характеристик.

Литература

1. Кабанов, С.А. Физиологические и психологические проблемы оценочной деятельности, адаптация. Стресс и поведение человека / С.А. Кабанов, С.А. Личагина, А.С. Аминов; под науч. ред. проф. А.П. Исаева. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 183 с.
2. Медведев, В.И. Адаптация: Монография / В.И. Медведев. – СПб.: Институт мозга человека РАН, 2003. – 584 с.
3. Многофункциональный компьютерный комплекс «Нейро-МВП» для электронейромиографии: методические указания. – Иваново: Фирма «НейроСофт», 2004. – 44 с.
4. Петри, А. Наглядная статистика в медицине / А. Петри, К. Сэбин; пер. с англ. В.П. Леонова. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 144 с.
5. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте: Общая теория и практические приложения: учебник тренера / В.Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
6. Физиология. Основы и функциональные системы: курс лекций; под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
7. Clarkson, P.M. Muscle function after exercise – induced muscle damage and rapid adaptation / P.M. Clarkson, K. Nosaka, B. Brawn // *Med. Sci. Sports.* – 1992. – № 24. – P 512–520.
8. Cooke, R. The inhibition of muscle contraction by the by-products of ATP hydrolysis. In: Taylor, B^x – K^x ed. *Biochemistry of exercise* / R. Cooke, E. Pate // VII Champaign, IL.: Human Kinetics. – 1990. – P. 59–72.
9. Dudley, G.A. Influence of mitochondrial content on the sensitivity of respiratory control // G.A. Dudley, P.C. Tullson, R.L. Terjung // *J. Bid. Chem.* – 1997. – № 262. – P. 9109–9114.
10. Green, H. Metabolic adaptation to training precede changes in muscle mitochondrial capacity / H. Green. R. Helyar, M. Ball-Burnett Ct. al. // *J. Appl. Physiol.* – 1992. – № 72. – P. 484–491.
11. Kugllberg, E. Transmission and contraction fatigue of rat motor units in relation to succinate dehydrogenase activity of motor unit fibres / E. Kugelberg, B. Lindegren // *J. Physiol.* – 1979. – № 288. – P 285–300.
12. Pette, D. Altered gene expression muscle induced by chronic low-frequency stimulation / D. Pette. S. Dusterhöft // *Am. J. Physiol.* – 1992. – Bd. 262. – S. 333–338.