

ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУДЕНТОВ 1-й И 3-й ГРУПП ЗДОРОВЬЯ В МОДЕЛЯХ ПРОИЗВОЛЬНОГО РАССЛАБЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ МЫШЦ

В.Б. Моторин, Р.У. Гаттаров
ЮУрГУ, г. Челябинск

Ретроспективный анализ исследований нейрофизиологии и нервно-мышечной физиологии свидетельствует о необходимости кумулятивных подходов к проблеме, основанных на современных достижениях физиологии активности, биофизики, психологии, биохимии, гистологии, биомеханики, психофизиологии, кинезиологии. Большинство авторитетнейших ученых отводят мышце исполнительную роль, рассматривая динамику мышечного сокращения, структурно-функциональные особенности мышц при растяжении, сокращении, устойчивости и упругости мышечной системы. Современный этап общества информационной цивилизации, образовательного общества привнес в профессиональную деятельность новые проблемы: физиологии пассивности, кинезиологии, нейрофизиологии, теории и методики физического воспитания, эргономики, безопасности жизнедеятельности.

Ключевые слова: электронейромиограмма, компоненты, асимметрия, звенья, коррекция, восстановление, специальная медицинская группа, конфигурация.

Развиваемая М.Р. Могендовичем в 60–70-х годах прошлого столетия концепция моторно-висцеральных отношений явилась фундаментом многочисленных исследований в области кинезиологии, физиологии и медицины. Однако его исследования освещают модулирующую роль «моторики», ограничиваясь преимущественно висцеральной системой. Объединяя совокупные взгляды на проблему, автор пишет: «Наиболее важная из всех физиологических реакций – это системная реакция организма на физиологическую нагрузку. В этой связи мысль И.П. Павлова о том, что «раз это система, то элементы, конечно, взаимодействуют друг с другом, и наше дело начинать изучение с их взаимодействия».

Для анализа состояния нервно-мышечной системы студентов основной (1-я группа) и специальной медицинской групп (СМГ) (3-я группа) здоровья применялись электрофизиологические методы. Электромиографическая методика является основной для изучения двигательной активности здоровых лиц и находящихся в преморбидном состоянии.

Исследование проводилось в утренние часы (9–11 ч) на многофункциональном компьютерном комплексе «Нейро-МВП». Регистрировалась поверхностная ЭМГ у 367 студентов первого курса. Оценивалась спонтанная активность расслабленных мышц (в покое) и при произвольном максимальном напряжении соответственно с левой и с правой стороны тела. Изучалась максимальная, средняя и суммарная амплитуда, средняя частота,

отношение амплитуды к частоте следующих мышц: m. Biceps brachii, Triceps brachii, Vastus medialis, Biceps femoris brevis, Intercostales, Pectoralis major, latissimus dorsi, Gluteus maximus [2].

В табл. 1 представлены электронейромиографические (ЭНМГ) данные Biceps brachii студентов основной (1) и специальной медицинской (3) групп здоровья.

В период произвольного расслабления и напряжения в двух группах здоровья (среднее $M \pm m$; 95 % доверительный интервал для среднего (ДИДС): 2 – нижняя граница, 3 – верхняя граница ДИДС) изучалось состояние, компонентов в ЭНМГ.

Комментируя данные табл. 1, следует отметить, что значения максимальной амплитуды в состоянии расслабления и напряжения соответственно слева и справа по группам здоровья (основная и специальная медицинская) увеличивались: в 9,41 и 8,93 раз; 9,47 и 12,66 раз. Из этих данных следует, что в первой группе здоровья произвольное напряжение вызывало относительно стабильное увеличение значений максимальной амплитуды ЭНМГ соответственно с левой и правой стороны. В СМГ преобладали показатели максимальной амплитуды справа. Коэффициент амплитуды-частоты является маркером адаптивно-компенсаторного состояния. Многочисленные исследования этого критерия позволяют заключить, что стабильность данного индикатора состояния нервно-мышечной системы (НМС) характеризует физиологическую норму, а вариативность коэффициента – дисбаланс в НМС и возможные преморбидные

Таблица 1

Состояние электромиографических характеристик *m. Biceps brachii* студентов двух групп здоровья

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	46,731 ± 4,750	530,131 ± 62,369	4,775 ± 0,628	4,606 ± 0,576	4,995 ± 0,552
	2	36,903	401,110	3,476	3,414	3,856
	3	56,349	659,152	6,073	5,798	6,137
3	1	49,671 ± 5,330	531,569 ± 51,363	5,134 ± 0,502	4,937 ± 0,462	5,326 ± 0,505
	2	38,840	427,186	4,114	3,999	4,300
	3	60,503	635,952	6,155	5,875	6,352
Правая сторона – расслабление						
1	1	56,281 ± 6,425	428,230 ± 52,323	4,778 ± 0,606	5,279 ± 0,582	51,186 ± 8,873
	2	43,128	320,348	3,528	4,078	32,841
	3	69,434	536,111	6,027	6,480	69,530
3	1	44,900 ± 5,086	500,657 ± 46,754	4,670 ± 0,490	4,924 ± 0,478	46,874 ± 5,158
	2	34,564	405,642	3,675	3,952	36,393
	3	55,236	595,672	5,667	5,897	57,356
Левая сторона – напряжение						
1	1	439,911 ± 47,172	443,969 ± 53,150	0,524 ± 0,045	4,502 ± 0,552	59,844 ± 6,955
	2	363,355	335,178	0,437	3,372	45,607
	3	556,467	552,759	0,611	5,631	74,081
3	1	443,457 ± 45,008	531,629 ± 44,779	0,485 ± 0,05	4,631 ± 0,499	51,911 ± 4,569
	2	351,990	440,626	0,389	3,617	42,626
	3	534,925	622,631	0,580	5,646	61,197
Правая сторона – напряжение						
1	1	533,113 ± 53,573	481,011 ± 51,938	0,506 ± 0,05	5,225 ± 0,521	44,520 ± 5,174
	2	423,456	374,703	0,403	4,158	36,946
	3	642,769	587,319	0,609	6,292	54,144
3	1	568,486 ± 43,489	465,457 ± 50,911	0,563 ± 0,05	5,157 ± 0,513	44,003 ± 5,218
	2	480,105	361,993	0,461	4,115	33,400
	3	656,867	568,921	0,664	6,199	54,606

состояния. Сравнение лево- и правосторонних значений ЭНМГ позволяет заключить о незначительной асимметрии, характеризовать пограничные сдвиги или адаптивные изменения. Исходя из анализа ЭНМГ компонентов *m. Biceps brachii*, можно заключить, что состояние биоэлектрического потенциала и периферических нервов находится в пограничной стадии с преобладанием процесса торможения. Об этом свидетельствуют значения суммарной амплитуды ЭНМГ и вариативности отношения амплитуды к частоте.

Однако кривые по характеру осцилляций относились к 1-му типу существующей классификации. На этом фоне среднечастотные характеристики значительно не различались как в состоянии расслабления, так и в состоянии напряжения. Почти по аналогии изменялась суммарная амплитуда. Большие различия были в средней и максимальной амплитуде. Электронейромиографические характеристики отношения амплитуды к частоте с левой стороны достоверно различались от правого распределения показателей ($P < 0,01$).

Сравнительный анализ ключевых значений ЭНМГ по группам здоровья (основной и СМГ) в состоянии расслабления и напряжения не выявил

достоверных различий [1]. Однако в СМГ наблюдались различия отдельных значений ЭНМГ по сравнению с основной. Осцилляции ЭНМГ характеризуют наличие тремора у представителей СМГ. В табл. 2 представлены звенья ЭНМГ *m. Triceps brachii*.

Анализ данных табл. 2 показывает, что состояние амплитудных ЭНМГ характеристик (максимальных средних) *Triceps brachii* достоверно не различалось по группам здоровья. При этом отношение максимальной амплитуды в состоянии напряжения и расслабления основной и СМГ с левой стороны соответственно равнялись: 8,98 и 10,11, и с правой: 9,29 и 9,62 раз. Эти данные позволяют высказать суждение о том, что увеличение силы мышечного сокращения по группам здоровья зависит от значений максимальной амплитуды в состоянии расслабления и произвольного напряжения. Необходимо отметить, что существенных изменений в модели расслабления слева и справа не отмечалось. Полученные данные подтверждают мысль об асимметрии амплитудных и частотных характеристик ЭНМГ студентов. Показатели суммарной амплитуды, средней частоты и отношения амплитуды к частоте существенно различались

Таблица 2

Состояние ЭНМГ характеристик Triceps brachii студентов двух групп здоровья

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	50,893 ± 5,074	501,187 ± 66,102	5,298 ± 0,604	45,838 ± 6,308	54,071 ± 6,428
	2	40,507	364,445	4,047	32,787	40,773
	3	61,280	637,929	6,548	58,887	67,368
3	1	49,574 ± 4,772	477,286 ± 52,112	5,711 ± 0,496	56,903 ± 4,875	47,480 ± 4,321
	2	39,877	371,382	4,704	46,994	38,669
	3	59,271	583,190	6,719	66,811	56,261
Правая сторона – расслабление						
1	1	51,415 ± 5,981	503,562 ± 57,133	49,029 ± 6,555	495,375 ± 55,393	0,552 ± 0,06
	2	39,171	385,375	35,468	380,782	0,425
	3	63,658	621,750	62,589	609,967	0,679
3	1	50,460 ± 5,642	509,943 ± 57,613	40,423 ± 5,239	522,657 ± 48,176	0,544 ± 0,05
	2	38,994	392,859	29,776	424,752	0,442
	3	61,926	627,027	51,070	620,563	0,642
Левая сторона – напряжение						
1	1	457,215 ± 51,745	491,923 ± 57,104	0,495 ± 0,06	0,528 ± 0,06	536,134 ± 58,214
	2	351,305	372,254	0,370	0,400	415,740
	3	563,125	611,591	0,620	0,655	655,529
3	1	501,200 ± 54,249	503,114 ± 49,574	0,458 ± 0,05	0,492 ± 0,05	563,143 ± 58,907
	2	390,952	429,366	0,349	0,396	443,430
	3	611,448	630,862	0,566	0,588	682,856
Правая сторона – напряжение						
1	1	477,526 ± 55,742	465,524 ± 56,252	0,439 ± 0,06	0,504 ± 0,055	563,981 ± 53,063
	2	363,426	352,456	0,321	0,398	454,440
	3	566,625	578,542	0,556	0,612	673,522
3	1	485,400 ± 49,199	576,343 ± 45,390	0,420 ± 0,05	0,461 ± 0,05	474,371 ± 50,613
	2	385,416	484,586	0,319	0,355	371,513
	3	585,384	668,586	0,521	0,568	577,230

с левой и правой стороны ($P < 0,01$). Конфигурация ЭНМГ была по 1-му, 2-му типу. Следует отметить, что способность расслабления мышц сугубо индивидуальна и её необходимо тренировать. Электрогенез экстензорных антигравитационных мышц и разгибателей различен, как и неодинакова их способность к произвольному расслаблению. Вид вспомогательных движений и группа здоровья определяют особенности функционирования ЭНМГ [3]. Коэффициент амплитудно-частотных отношений в состоянии расслабления позволяет судить об асимметрии.

Показатели максимальной амплитуды Vastus medialis по группам здоровья в состоянии расслабления последовательно снижались. В средней амплитуде наблюдалась почти такая же направленность. Суммарная амплитуда находилась по группам здоровья в одних границах (табл. 3).

Аналогичные диапазоны были в показателях средней частоты. Коэффициент отношения амплитуды к частоте был существенно выше с правой стороны тела. Отмечалось наличие тремора в конфигурациях ЭНМГ.

В период напряжения показатели максимальной и средней амплитуды ЭНМГ по группам здо-

ровья с левой и правой стороны изменялись неоднозначно. Однако уровень возбуждения был выше в СМГ здоровья по сравнению с основной группой, это касалось и параметров суммарной амплитуды. Средняя частота и отношение амплитуды к частоте ЭНМГ были почти одинаковыми в обеих группах здоровья. Электронейромиограмма позволяет судить о возбуждении периферии и центра (надсегментарные структуры). В обследуемой мышце процесс возбуждения протекал по 1-му типу. Что касается максимальной амплитуды в состоянии произвольного напряжения с левой стороны, то она последовательно увеличивалась по группам здоровья и составила соответственно: 7,69 и 10,76 раз, и с правой стороны – 8,18 и 10,23 раз.

Как следует из табл. 2, 3, количественная оценка ЭМГ с измерением основных параметров, характеризующих колебательный процесс (амплитуда, частота и их отношение), позволяет судить о неодинаковой природе возбуждения в обследуемых мышцах студентов обследуемых групп здоровья. Вполне очевидно, что это зависит от роли мышц человека в антигравитационных воздействиях, оздоровительно-физкультурной и естественной двигательной деятельности.

Таблица 3

Состояние ЭНМГ характеристик Vastus medialis студентов двух групп здоровья

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	55,424 ± 5,310	542,892 ± 57,403	5,639 ± 0,584	4,714 ± 0,536	5,064 ± 0,661
	2	44,638	424,144	4,428	3,602	3,695
	3	66,209	661,640	6,850	5,826	6,433
3	1	50,000 ± 4,559	429,094 ± 48,559	5,200 ± 0,588	5,171 ± 0,494	3,809 ± 0,432
	2	40,735	330,411	4,005	4,167	2,930
	3	59,266	527,777	6,396	6,176	4,687
Правая сторона – расслабление						
1	1	61,958 ± 8,110	454,371 ± 45,346	5,190 ± 0,554	4,913 ± 0,547	52,394 ± 5,627
	2	45,361	362,218	4,049	3,784	40,793
	3	78,555	546,525	6,332	6,042	63,995
3	1	46,249 ± 5,141	428,500 ± 55,986	5,066 ± 0,457	4,301 ± 0,477	54,217 ± 4,778
	2	35,801	313,081	4,137	3,391	44,487
	3	56,696	543,919	5,995	5,210	63,948
Левая сторона – напряжение						
1	1	426,481 ± 56,120	534,019 ± 64,322	0,463 ± 0,05	5,086 ± 0,588	57,900 ± 9,737
	2	311,610	401,408	0,358	3,873	37,832
	3	541,353	666,630	0,568	6,300	77,968
3	1	537,857 ± 37,573	390,800 ± 44,863	0,428 ± 0,05	4,472 ± 0,431	48,580 ± 4,715
	2	461,500	299,627	0,335	3,597	40,998
	3	614,215	481,973	0,522	5,347	58,162
Правая сторона – напряжение						
1	1	506,650 ± 53,702	496,084 ± 52,233	0,462 ± 0,06	4,821 ± 0,582	51,491 ± 5,076
	2	402,870	389,173	0,344	3,628	41,101
	3	610,430	602,995	0,580	6,013	61,881
3	1	473,289 ± 47,346	557,371 ± 50,170	0,613 ± 0,05	5,421 ± 0,434	51,581 ± 5,269
	2	377,010	455,414	0,521	4,540	40,883
	3	569,447	659,329	0,705	6,303	62,300

В обследуемой группе мышц Viceps femoris brevis в состоянии произвольного расслабления с левой и правой стороны существенных различий в максимальной и средней амплитуде не наблюдалось (табл. 4). В значениях отношения амплитуды к частоте выявлены достоверные сдвиги ($P < 0,01$).

В состоянии произвольного напряжения достоверных различий в значениях амплитуд не выявлялось. Значимые различия были в показателях средней частоты с преобладанием правосторонних значений ($P < 0,01$). Наблюдалась «откликаемость» нейромоторного аппарата по 1-му типу.

Состояние амплитудных значений ЭНМГ в период расслабления Intercostales при всей их лево- и правосторонней изменчивости статистически значимо не различалось (табл. 5), а в модели напряжения – существенно ($P < 0,01$).

Как видно из табл. 5, показатели средней частоты аналогично изменялись, а отношение амплитуды к частоте имело тенденцию к увеличению в СМГ по сравнению с основной группой. Достоверные различия отмечались между основной и СМГ ($P < 0,05$) – левая сторона расслабления и правая сторона напряжения.

В состоянии напряжения значения максимальной амплитуды ЭМГ как с левой, так и с правой

стороны последовательно снижались от основной к СМГ здоровья. Отношение максимальной амплитуды в состоянии произвольного напряжения к аналогичной в состоянии расслабления соответственно по группам здоровья с левой и правой стороны составило: 6,67 и 2,95 и 7,18 и 2,65 раз. Значительно ниже отношение было в СМГ здоровья, что говорит о низких значениях силы сокращения межреберных мышц, принимающих активное участие в ФВД. В показателях средней амплитуды значения односторонне не изменялись. Суммарная амплитуда существенно снижалась от основной к СМГ здоровья ($P < 0,05–0,01$). Аналогично изменялись показатели средней частоты. Отношение амплитуды к частоте в модели расслабления были достоверно выше с левой стороны, а с правой различий не выявлялось. В состоянии напряжения существенные различия были с правой стороны ($P < 0,05$). Несмотря на то, что мотонейроны симметричных мышц расположены на одном уровне сегментарного аппарата, отдельные функциональные компоненты ЭМГ различаются. Биоэлектрическая активность мышц тем интенсивнее, чем больше участие мышц в двигательных действиях и позно-тонических реакциях. Существенные различия наблюдались в показателях

Таблица 4

Состояние ЭНМГ Biceps femoris студентов двух групп здоровья

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	57,776 ± 7,162	477,846 ± 57,918	4,516 ± 0,586	55,541 ± 5,302	60,043 ± 6,784
	2	43,115	358,298	3,306	44,595	41,922
	3	72,438	598,894	5,726	66,487	78,157
3	1	50,872 ± 5,314	528,057 ± 50,965	5,359 ± 0,505	58,720 ± 4,224	45,623 ± 4,304
	2	39,768	424,485	4,331	50,136	36,877
	3	61,391	631,630	6,387	67,304	54,369
Правая сторона – расслабление						
1	1	52,936 ± 6,345	535,448 ± 65,017	49,262 ± 5,948	477,112 ± 52,762	2,624 ± 2,035
	2	39,948	401,109	36,973	368,093	-1,575
	3	65,923	651,787	61,552	586,132	6,819
3	1	47,366 ± 4,829	491,514 ± 41,693	53,534 ± 3,907	556,514 ± 50,538	0,616±0,05
	2	37,551	406,783	45,595	453,809	0,516
	3	57,180	576,245	61,474	659,219	0,716
Левая сторона – напряжение						
1	1	476,016 ± 55,742	465,524 ± 54,752	0,439 ± 0,07	0,504 ± 0,05	564,481 ± 53,063
	2	363,426	352,506	0,321	0,398	454,440
	3	587,125	578,542	0,556	0,612	673,522
3	1	485,400 ± 49,199	576,343 ± 45,390	0,420 ± 0,05	0,462 ± 0,05	474,371 ± 50,623
	2	385,416	484,100	0,319	0,355	371,513
	3	585,384	668,586	0,521	0,568	577,230
Правая сторона – напряжение						
1	1	506,650±50,702	496,084 ± 52,233	0,462 ± 0,06	4,821 ± 0,582	51,741 ± 5,076
	2	402,870	389,173	0,344	3,628	41,097
	3	610,430	602,995	0,580	6,013	61,881
3	1	473,239±47,046	557,371 ± 50,170	0,613 ± 0,05	5,421 ± 0,434	51,591 ± 5,269
	2	377,010	455,414	0,521	4,540	40,883
	3	569,447	659,329	0,705	6,303	62,300

Таблица 5

Состояние ЭНМГ Intercostales характеристик студентов двух групп здоровья

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	53,986 ± 6,526	4,998 ± 0,553	47,981 ± 5,861	5,256 ± 0,580	418,750 ± 49,575
	2	40,624	3,854	34,355	4,054	316,595
	3	67,342	6,143	30,632	6,457	521,804
3	1	50,631 ± 4,945	5,147 ± 0,479	35,217 ± 4,769	4,578 ± 0,497	548,457 ± 40,388
	2	40,481	4,174	25,525	3,576	466,378
	3	60,782	6,119	44,909	5,582	630,536
Правая сторона – расслабление						
1	1	48,132 ± 5,608	4,498 ± 0,561	47,679 ± 5,269	5,601 ± 0,496	472,333 ± 56,331
	2	36,653	3,087	39,279	4,593	356,116
	3	59,612	5,660	61,078	6,609	591,050
3	1	55,220 ± 5,150	5,963 ± 0,521	61,251 ± 5,104	4,600 ± 0,592	495,029 ± 52,248
	2	44,753	4,537	50,878	3,375	388,849
	3	65,688	6,656	71,624	5,825	601,209

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – напряжение						
1	1	361,153 ± 94,060	468,498 ± 47,842	19,367 ± 6,890	42,593 ± 15,677	4,346 ± 0,529
	2	166,359	370,584	5,271	13,006	3,294
	3	605,947	566,412	33,468	75,179	5,459
3	1	149,694 ± 14,424	467,057 ± 48,880	4,747 ± 0,489	4,511 ± 5,215	4,463 ± 0,477
	2	81,404	375,834	3,752	3,452	3,494
	3	158,686	558,280	5,741	5,571	5,132
Правая сторона – напряжение						
1	1	345,658 ± 54,086	427,628 ± 54,108	21,325 ± 7,420	53,874 ± 20,730	42,911 ± 6,019
	2	170,968	316,873	6,135	11,440	30,590
	3	519,924	538,383	36,514	96,308	56,732
3	1	146,336 ± 9,104	549,143 ± 49,024	5,127 ± 0,480	4,707 ± 0,471	52,491 ± 5,029
	2	137,077	449,514	4,152	3,750	42,271
	3	155,592	648,772	6,103	5,664	62,712

суммарной амплитуды в сравниваемых группах с левой стороны и с правой ($P < 0,01$), которая отражает количество вовлеченных двигательных единиц. В значениях средней частоты в сравниваемых группах достоверные различия наблюдались в модели напряжения и с правой, и с левой стороны ($P < 0,05$). В период напряжения значения максимальной амплитуды по группам здоровья статистически значимо снижались ($P < 0,05-0,01$), что свидетельствует об уровне возбуждения и самого мышечного сокращения. Показатели средней амплитуды существенно не различались по группам здоровья. Суммарная амплитуда постепенно уменьшалась в группах здоровья как с левой, так и с правой стороны мышц. Почти аналогично изменялась средняя частота, особенно в СМГ здоровья, в модели напряжения ($P < 0,01$). Отношение амплитуды к частоте было достоверно выше с правой стороны в модели напряжения ($P < 0,01$). Амплитуда и частота осцилляций позволяют отнести эту группу мышц к первому типу.

Состояние ЭНМГ характеристик больших грудных мышц (*m.Pectoralis major*) студентов представлено в табл. 6.

Как следует из табл. 6, значения максимальной амплитуды от 1-й к 3-й группе здоровья в состоянии расслабления последовательно снижались ($P < 0,05-0,01$). Отношение максимальной амплитуды в состоянии произвольного напряжения и расслабления соответственно с левой и правой стороны тела составило: 2,41; 10,76 и 4,27; 11,36 раз. Как видно из представленных данных, этот коэффициент последовательно возрастал по анализируемым группам здоровья. Достоверных различий в значениях средней амплитуды не отмечалось. Известно (M.L. Latash), что средняя амплитуда

отражает направление сигнала ЭНМГ. Показатели суммарной амплитуды и средней частоты в двух группах здоровья в модели расслабления справа были достоверно выше ($P < 0,01$). Отношение амплитуды к частоте более высокое отмечалось с левой стороны ($P < 0,01-0,001$).

В состоянии напряжения максимальная амплитуда ЭНМГ от 1-й к 3-й группе здоровья последовательно повышалась, что свидетельствует об увеличении силы мышечного сокращения. Значительных различий в величинах средней и суммарной амплитуды не выявлялось. Показатели средней частоты и отношения амплитуды к частоте находились на относительно одинаковом уровне в двух группах здоровья. Осцилляции ЭНМГ характеристик относились к 1-му типу.

Таким образом, изменения электрической активности при различных функциональных состояниях мышц указывают на ведущее значение надсегментарных иннервационных механизмов, включённых в единую авторегулируемую нервную систему в организации и регуляции любого проявления нормальной двигательной активности и обеспечения профессиональной деятельности студента. Как указывалось ранее в мышцах верхних конечностей наблюдается тремор.

Электронейромиограмма *m. latissimus dorsi* двух групп здоровья студентов представлена в табл. 7.

Как видно из табл. 7, при расслабленном состоянии максимальная амплитуда от 1-й к 3-й группе здоровья последовательно существенно снижалась ($P < 0,01$). При этом отношение максимальной амплитуды расслабления и напряжения слева составляло: 5,46; 10,96, и 2,03; 11,23 – с правой стороны. Средняя амплитуда с левой стороны

Таблица 6

Состояние ЭНМГ характеристик m. Pectoralis major
(больших грудных мышц) студентов двух групп здоровья

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	187,024 ± 65,019	435,851 ± 47,2888	10,278 ± 3,091	64,504 ± 10,711	43,012 ± 6,108
	2	53,945	339,060	3,945	42,580	30,510
	3	320,102	532,642	16,609	86,433	55,514
3	1	48,966 ± 4,984	445,857 ± 50,263	4,914 ± 5,432	35,591 ± 5,627	51,003 ± 4,651
	2	38,838	343,711	3,810	24,156	41,551
	3	59,094	548,004	6,018	47,027	60,455
Правая сторона – расслабление						
1	1	115,442 ± 31,703	449,788 ± 57,585	47,004 ± 5,671	409,449 ± 52,000	2,467 ± 1,826
	2	50,561	331,811	35,389	302,919	-2,551
	3	180,322	567,764	58,600	515,978	6,195
3	1	48,443 ± 5,199	553,429 ± 52,363	42,229 ± 4,329	502,629 ± 42,732	0,547 ± 0,06
	2	37,876	447,014	33,430	415,785	0,433
	3	59,009	659,844	51,027	589,472	0,661
Левая сторона – напряжение						
1	1	450,712 ± 43,427	494,967 ± 57,030	0,603 ± 0,083	5,220 ± 0,696	50,886 ± 6,113
	2	361,818	378,619	0,434	3,796	38,597
	3	539,606	611,315	0,772	6,645	63,174
3	1	527,000 ± 52,129	455,371 ± 46,868	0,494 ± 0,04	5,100 ± 0,473	51,800 ± 4,707
	2	421,062	360,124	0,405	4,137	42,235
	3	632,938	550,619	0,582	6,058	61,365
Правая сторона – напряжение						
1	1	492,400 ± 48,795	503,944 ± 56,573	0,468 ± 0,05	4,928 ± 0,512	49,085 ± 5,161
	2	392,536	388,145	0,368	3,879	38,521
	3	592,264	619,742	0,569	5,976	59,650
3	1	550,086 ± 45,300	499,029 ± 52,422	0,584 ± 0,05	5,344 ± 0,440	52,306 ± 5,064
	2	458,026	382,562	0,476	4,451	42,014
	3	642,145	605,562	0,692	6,237	62,598

Таблица 7

Состояние ЭНМГ характеристик m. Latissimus dorsi студентов в период расслабления и напряжения

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	101,802 ± 28,698	26,992 ± 9,047	44,392 ± 6,047	7,172 ± 1,889	425,745 ± 57,289
	2	43,065	8,462	27,006	3,302	308,405
	3	160,540	45,521	56,779	11,043	542,585
3	1	48,629 ± 4,965	4,698 ± 0,463	46,311 ± 5,154	5,091 ± 0,509	543,943 ± 51,871
	2	38,539	3,756	35,837	4,057	440,528
	3	58,718	5,640	56,786	6,125	651,358
Правая сторона – расслабление						
1	1	172,315 ± 54,207	477,916 ± 50,135	10,282 ± 2,589	69,483 ± 10,074	41,229 ± 29,059
	2	61,357	375,296	4,976	48,863	28,827
	3	283,272	580,837	15,588	90,104	53,632
3	1	44,523 ± 4,823	480,800 ± 52,808	4,149 ± 0,426	51,523 ± 5,408	47,569 ± 5,884
	2	34,721	373,482	3,283	40,532	35,610
	3	54,325	588,118	5,014	62,514	59,527

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – напряжение						
1	1	555,949 ± 74,474	511,171 ± 51,803	5,902 ± 3,277	14,672 ± 6,657	425,745 ± 57,289
	2	403,545	415,142	-0,804	1,051	308,405
	3	708,352	627,200	12,608	7,919	543,085
3	1	532,371 ± 48,803	487,914 ± 48,818	0,475 ± 0,06	5,091 ± 0,509	545,943 ± 51,871
	2	433,192	388,705	0,363	4,057	440,528
	3	631,551	583,124	0,587	6,125	651,358
Правая сторона – напряжение						
1	1	349,247 ± 132,488	474,699 ± 50,529	19,607 ± 6,849	48,917 ± 18,239	4,056 ± 0,534
	2	78,132	366,280	5,589	11,586	2,932
	3	620,362	578,119	33,625	86,249	5,180
3	1	498,970 ± 4,617	482,069 ± 49,231	4,869 ± 0,542	5,520 ± 0,415	4,397 ± 0,518
	2	405,140	382,011	3,768	4,677	3,344
	3	592,810	582,109	5,970	6,364	5,450

также достоверно уменьшалась ($P < 0,01$) от 1-й к 3-й группе здоровья. Значения средней амплитуды с правой стороны статистически значимо различались по сравнению с левой ($P < 0,01$). Суммарная амплитуда была существенно выше слева по сравнению с данными справа ($P < 0,01$), а средняя частота – наоборот ($P < 0,01$). Наблюдались существенные различия средней частоты в обеих группах слева ($P < 0,05$), а в 3-й группе еще и справа ($P < 0,05$). Отношение амплитуды к частоте достоверно различались слева и справа ($P < 0,01$). Существенные различия были между 1-й и 3-й группами здоровья слева ($P < 0,01$).

В состоянии напряжения среднее значение максимальной амплитуды снижалось от 1-й к 3-й группе здоровья. С правой стороны различия были статистически значимы ($P < 0,01$). Показатели средней амплитуды достоверно не изменялись как по группам здоровья, так и с противоположных сторон. Суммарная амплитуда по группам здоровья изменялась последовательно от 1-й к 3-й группе ($P < 0,01$). Аналогично изменялось значение средней частоты ($P < 0,01$). Наблюдались различия с противоположных сторон на уровне тенденции (группа 1). Наиболее значимо отличались коэффициенты отношения амплитуды к частоте с противоположных сторон ($P < 0,01-0,001$).

Все эти особенности организации нервно-мышечной системы приводят к качественным изменениям интегративных процессов, возникновению новых закономерностей. Об этом качественном изменении функционирования при координированном возбуждении многих звеньев неоднократно говорили нейрофизиологи. Экспериментально было также доказано изменение активности каждого отдельного нервного компонента – при включении его в совместную с другими деятельности. Следует отметить, что в этой группе мышц отмечалось наибольшее число различий как по группам, так и при сравнении лево- и правосторонних значений. Кри-

вая осцилляций в данной мышечной группе проявлялась по первому и второму типу реагирования.

В табл. 8 представлены ЭНМГ характеристики *m. Gluteus maximus* студентов. Значение максимальной амплитуды в состоянии расслабления с противоположных сторон от 1-й к 3-й группе здоровья достоверно уменьшалось ($P < 0,01$). В средней амплитуде ЭНМГ по группам здоровья статистически значимых различий не отмечалось. С левой стороны показатели были выше, чем с правой. Суммарная амплитуда по группам здоровья снижалась от 1-й к 3-й ($P < 0,05-0,01$). Уменьшалась средняя частота от 1-й к 3-й группе ($P < 0,05$). Существенные различия с левой и с правой стороны отмечались в состоянии расслабления в коэффициентах амплитуды – частоты.

В состоянии напряжения студентов максимальная амплитуда ЭНМГ *m. Gluteus maximus* изменялась по группам здоровья. Отношение максимальной амплитуды в состоянии произвольного напряжения и расслабления соответственно с левой и правой стороны по группам здоровья составило: 1,22; 2,34 и 2,54; 8,77 раз. При этом значения с левой стороны от 1-й к 3-й группе снижались существенно ($P < 0,05$), а с противоположной стороны уменьшение произошло на уровне тенденций. Значения средней амплитуды достоверно не различались как по группам здоровья, так и с противоположных сторон.

Суммарная амплитуда с левой и правой стороны от 1-й к 3-й группе здоровья изменялась на уровне тенденции. Средняя частота с левой стороны существенно превосходила значение с правой во всех группах здоровья ($P < 0,05$). Достоверных различий в отношениях амплитуды к частоте по группам здоровья и с противоположных сторон не наблюдалось. Электронейромиограмма характеризовалась по первому типу.

В наших исследованиях ЭНМГ студентов наблюдались различные уровни возбуждения НМС.

Таблица 8

Состояние ЭНМГ характеристик m. Gluteus maximus студентов двух групп

Группа здоровья	Стат.	Максимальная амплитуда, МкВ	Средняя амплитуда, МкВ	Суммарная амплитуда, МВ/с	Средняя частота, 1/с	Амплитуда/частота, МкВ·с
Левая сторона – расслабление						
1	1	291,791 ± 138,460	552,190 ± 51,926	19,747 ± 7,296	52,289 ± 19,092	2,731 ± 5,029
	2	58,351	445,900	4,812	18,218	-2,863
	3	528,227	658,481	34,682	78,276	6,894
3	1	55,040 ± 4,227	563,514 ± 52,200	4,855 ± 0,485	5,060 ± 0,535	0,469 ± 0,05
	2	46,450	457,430	3,869	3,971	0,367
	3	63,630	669,598	5,841	6,147	0,571
Правая сторона – расслабление						
1	1	167,315 ± 54,007	477,916 ± 50,135	10,282 ± 2,590	69,283 ± 10,074	41,229 ± 6,059
	2	61,357	375,296	4,976	48,863	28,827
	3	283,272	580,537	16,088	90,104	53,634
3	1	44,523 ± 4,823	488,000 ± 52,808	4,149 ± 0,426	51,523 ± 5,408	36,153 ± 5,414
	2	34,721	373,482	3,283	40,532	25,081
	3	54,535	588,118	5,0142	62,514	41,225
Левая сторона – напряжение						
1	1	355,482 ± 156,289	483,951 ± 49,809	19,903 ± 8,186	54,006 ± 22,817	41,076 ± 5,402
	2	30,528	381,011	3,151	7,332	30,018
	3	680,435	585,890	36,655	100,701	52,133
3	1	43,683 ± 4,229	504,600 ± 50,302	5,323 ± 0,448	5,059 ± 10,535	48,740 ± 4,896
	2	33,666	404,374	4,413	3,971	38,794
	3	53,700	608,826	6,232	6,147	58,692
Правая сторона – напряжение						
1	1	424,375 ± 47,283	509,519 ± 54,942	0,515 ± 0,06	4,749 ± 0,569	54,185 ± 9,361
	2	357,600	396,364	0,390	3,575	35,054
	3	551,149	622,675	0,641	5,922	73,617
3	1	390,543 ± 49,649	507,829 ± 45,761	0,480 ± 0,05	5,152 ± 0,474	50,871 ± 5,070
	2	289,643	414,832	0,371	4,189	40,569
	3	491,443	600,826	0,589	6,115	61,174

Механизм волновой активности нервной и мышечных тканей в 1-й группе здоровья студентов заключался в изменениях по 1-му типу существующей классификации.

В 3-й группе здоровья студентов в зависимости от профиля нарушений наблюдался второй, третий тип реагирования. Постоянное доминирование возбуждительного процесса при расслаблении и торможении в условиях напряжения характерно для 25 % обследуемых 3-й группы здоровья. Это были лица с нарушениями ОДА (4 %), с выраженным тремором (1,5 %) и повышенной частотой на фоне изменений конфигурации ЭНМГ, свидетельствующих об утомлении.

В заключение данного раздела исследований необходимо отметить разнообразие взаимокompенсаций в НМС студентов разных групп здоровья. Это ярко выражалось в изменении коэффициентов максимальной амплитуды в состоянии напряжения и расслабления, амплитудно-частотных отношений, в изменении числа рекрутированных ДЕ, конфигурации осцилляции ЭНМГ. Наблюдалась функциональная асимметрия адаптивно-компенсаторного и дезадаптивного характера, проявляющаяся неодинаково по группам здоровья.

Следует отметить, что отношение расслабления – напряжения характеризовало резервные возможности НМС студентов.

Литература

1. Гаттаров, Р.У. Факторный анализ в оценке электронейромиографических характеристик ведущих мышц студентов в витальном учебном процессе / Р.У. Гаттаров, А.П. Исаев, А.В. Шевцов // *Здоровье, физическое развитие и образование: состояние, проблемы и перспективы: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 26–27 нояб. 2006. – Екатеринбург, 2006. – С. 217–223.*

2. Электромиографическая характеристика волновой активности нервно-мышечной системы студентов 1–3-й групп 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.*

3. Юсевич, Ю.С. Электромиография тонуса скелетной мускулатуры человека в норме и патологии / Ю.С. Юсевич. – М.: Медицина, 1963. – 49 с.

Поступила в редакцию 20 марта 2011 г.