© Лежнёва Е.В.

УДК: 159.944.:159.944.4:612.766.1

Лежнёва Е.В.
Кафедры физического воспитания и ЛФК Винницкого национального медицинского университета имени Н.И.Пирогова (ул.Пирогова, 56, г.Винница, 21018, Украина)

ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ПРОЦЕССЫ УТОМЛЕНИЯ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ УСИЛИЯХ НА УРОВНЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СИЛЫ

Резюме. *В статье рассматривается проблема статической физической работоспособности и механизмов центрального и периферического утомления в процессе тренировки длительными статическими напряжениями на уровне максимальной произвольной силы (МПС). Исследование статической работоспособности проводили с использованием тензометрического силоизмерителя-тренажера с одноименной регистрацией тензограммы и электромиограммы на одной пленке.*

Ключевые слова: *максимальная произвольная сила, статическая нагрузка, работоспособность.*

Введение

Изучение динамики времени удержания статических усилий в условиях эксперимента, когда испытуемый начинает нагрузку на уровне МПС и продолжает ее непрерывно до отказа в режиме "длительных удер-

жаний МПС" представляет несомненный интерес. Несмотря на условность такого термина, этот прием широко применяется при изучении динамики утомления в изометрическом режиме сокращений и позволяет судить об интегральном результате центральных и периферических механизмов реализации мышечной функции. В этой серии опытов в условиях десятиминутного удержания усилия на уровне МПС тензограмма отражает быстрое развитие утомления до определенного уровня от МПС и возникающее затем последующее состояние устойчивой "статической" работоспособности.

При анализе кривых удержания усилия на уровне МПС имеются все основания считать, что напряжение, развиваемое мышцей в первые десятки секунд и минуты работы, являются результатом сократительной функции преимущественно быстрых гликолитических мышечных волокон, представителей быстрых утомляющихся двигательных единиц (ДЕ) [Саплинскас, Ящанинас 1980; Коц, Коряк, 1981; Harrison, 1983; Zajac, Faden, 1985; De Luca, 1985; Garner et al., 2011; Качан и др., 2005; Белоцерковский и др., 2002]. К началу периода медленного спада, по-видимому, все быстро утомляющиеся мышечные волокна уже выторможены, либо включаются в работу значительно реже. Происходит осуществление перемежающегося функционирования совместно с быстрыми окислительными (промежуточными) и с подключением к этому времени постоянно функционирующими, практически не утомляющимися, медленными волокнами, которые с течением времени - на седьмой - десятой минуте - и составляют основную массу волокон, обеспечивающую длительное поддержание устойчивого уровня напряжения без дальнейших признаков развивающегося утомления [Коц, Кузнецов, 1980; Broman et al., 1985].

Представляет большой практический и теоретический интерес рассмотрение взаимодействия центральных и периферических механизмов регулирования мышечной работоспособности на начальных её этапах, в периоды спада и в устойчивом состоянии. В русле этого направления проведенные исследования на животных [Замостьян и др., 1981] показали, что развитие тетанического напряжения и его последующий спад сопровождаются своеобразными изменениями в интегрированной суммарной биоэлектрической активности мышцы, отражающей, по-видимому, постоянную смену быстрых легко утомляемых двигательных единиц другими, более медленными утомляемыми двигательными единицами.

Следует предположить, что на начальных этапах длительных изометрических напряжений центральные механизмы их регулирования вряд ли являются лимитирующим звеном, поскольку на периферии существуют эволюционно закрепленные механизмы периферического утомления и относительная независимость быстрых мышечных волокон от факторов гемодинамики (отстроченная зависимость).

По мере дальнейшего развития утомления следует предположить возрастание роли центральных механизмов лимитирования мышечной работоспособности - развития процессов охранительного торможения в центральных структурах управления движениями, о чем свидетельствует возможность кратковременного повышения развиваемого мышцей напряжения при дополнительных волевых усилиях на седьмой-десятой минуте МПС.

Период поддержания устойчивого напряжения отражает состояние мышечной работоспособности, когда в силу влияния центральных и периферических механизмов утомления быстрая часть мышцы уже не работает, а медленная продолжает сократительную деятельность, находясь в условиях интактной неутомляющейся эфферентной импульсации лишь в зависимости от достаточности кровоснабжения. По-видимому, дальнейшее предполагаемое снижение напряжения за пределами десяти минут может быть связано преимущественно с центральными влияниями, которые распространяются по симпатическим путям в составе нервных стволов и регулирующих кровоснабжение мышц.

Цель исследования: изучение закономерностей мышечной работоспособности, утомления и тренировки при изометрических упражнениях больших мышечных массивов.

Материалы и методы

В данном исследовании была выполнена отдельная серия исследований на 25 здоровых мужчинах в возрасте 18-20 лет. Им предлагалось развить максимальное произвольное усилие и поддерживать его до отказа в условиях непроизвольного снижения уровня напряжения в течении всего времени удержания. На рисунке 1 представлен один из таких опытов. Как следует из рисунка, после развития максимального произвольного напряжения началось стремительное его снижение с последующим замедлением и дальнейшим выходом на относительно устойчивый уровень.

Такая динамика изменений поддерживаемого уровня нагрузки оказалось в целом характерной для всех обследуемых, что позволило говорить о фазах быстрого и медленного спада, а также периода, когда величина развиваемого напряжения сохраняется практически неизменной. Кривые работоспособности, полученные в конкретных исследованиях, позволили также определить индивидуальное время удержания усилия на разных уровнях от максимально возможного напряжения, для чего его первоначальное значение (вначале нагрузки) делили на 10 равных частей, соответствующих величинам от 0,1 до 1,0 МПС. Проводя через эти точки на оси ординат линии, параллельные оси абсцисс, находили по точкам пересечения с кривой динамики поддерживаемого усилия время удержания до достижения каждого из 10 уровней МПС. Полученные при этом результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры максимального времени удержания до начальных признаков утомления при статических усилиях больших мышечных массивов на заданных уровнях от МПС.

Уровень нагрузки в долях от МПС	N	M	G	M	J
1,0	25	14,8	1,36	0,30	0,61
0,9	25	35,0	2,41	0,55	1,15
0,8	25	54,8	5,55	1,24	2,60
0,7	25	69,9	6,60	1,47	3,07
0,6	25	90,2	7,13	1,59	3,30
0,5	25	134,1	13,90	3,10	4,90
0,4	25	192,1	3,97	0,89	1,86

Следует отметить, что найденные значения среднего времени удержания по существу являются видоизмененным подходом оценки статической выносливости по сравнению с опытами Ромерта. МПС при длительном и непрерывном максимальном усилии может являться своеобразным эталоном. Сопоставляя с эталоном данные аналогичных исследований у отдельных исследуемых, можно получить ценную информацию об уровнях статической работоспособности на различных этапах ее поддержания.

Максимальное время удержания до начальных признаков утомления при статических усилиях больших мышечных массивов на заданных уровнях от МПС

Результаты. Обсуждение

Для дальнейшего анализа статической работоспособности в условиях длительного поддержания МПС анализировались показатели, представленные на условной схеме (рис. 2).

Согласно приведенной схеме учитывали:

H - максимальное напряжение в начале нагрузки;

H_1 - величину напряжения, развиваемую при дополнительном волевом усилии в конце десятиминутной нагрузки;

H_2 - различие между начальным и дополнительными волевыми усилиями, в конце нагрузки (H - H_1);

h - уровень напряжения в области перехода быстрой фазы спада в медленную;

h_1 - различие между начальным (МПС) усилием и его значением в области перехода быстрой фазы спада в медленную (H - h);

h_2 - уровень напряжения в устойчивом состоянии;

t - продолжительность периода быстрого спада напряжения.

Сопоставляя эти показатели, приходим к выводам, что отношение (H-h)/t или h_1/t отражает скорость снижения напряжения в кг/сек. Поскольку, как это было сказано выше, этот период (t) соответствует сократительной деятельности главным образом быстрых гликолитических волокон, то площадь многоугольника ABCD (рис. 2), по-видимому, можно рассматривать как критерий, характеризующий емкость напряженности анаэробных процессов в мышце. Основываясь на известных данных о порядке рекрутирования двигательных единиц, свидетельствующих о том, что период устойчивой работоспособности обеспечивается сократительной деятельностью волокон преимущественно "медленного" типа сокращения, логично рассматривать величину напряжения, поддерживаемого в устойчивом состоянии (h_2), как косвенный показатель массы "медленных" мышечных волокон в этот период нагрузки, а отношение - как доли этих волокон в общей массе мышц. С другой стороны, величина соответствующая (H - h_2) , будет, вероятно, оценкой части тех структур, которые связаны с анаэробными процессами метаболизма в мышце и представлены преимущественно быстрыми гликолитическими и частично оксидативно-гликолитическими мышечными волокнами.

Показатель H_2(H - H_1) может, видимо, служить показателем долей снижения работоспособности, определяемым участием периферических механизмов утомления, поскольку дополнительное усилие (H_1), применяемое в конце нагрузки, связано с максимальной мобилизацией центральных механизмов обеспечения работоспособности и может быть рассчитан по формуле:

$$\text{центральное утомление} = \frac{(H_1 - h_2)x100\%}{H},$$

а показатель H_1 - h_2 - долей снижения работоспособности по центральным механизмам и рассчитан по формуле:

$$\text{периферическое утомление} = \frac{(H - H_1)x100\%}{H}.$$

В то же время, более аргументированная трактовка рассматриваемых критериев, безусловно, требует дополнительных исследований. Серьёзным возражением против применения такой трактовки кривой утомления может явиться то, что в динамике спада статических усилий в целостном организме принимают участия помимо периферических, весьма сложно организованные центральные механизмы управления движения, регулирования мышечной работоспособности. Вместе с тем, необходимо учитывать, что быстрым большим мышечным волокнам соответствуют быстрые большие мотонейроны, являющиеся также легко утомляемые, а тонким, медленным, резистентным мышечным волокнам - относительно малые мотонейроны со способностью к длительным импульсациям без признаков утомления. Эти особенности распространяются и на другие структуры ЦНС, среди которых различают преимущественно тонические и фазические структуры [Персон, 1985; Nudell, Grinell, 1985].

Статический анализ предложенных показателей (по тензограммам 25 обследуемых) продемонстрировал следующее: средний уровень МПС (H) составил 45±1,0 условных единиц (158,0±2,7кг); длительность быстрой фазы (t) составила в среднем 68,0±3,51сек.; скорость

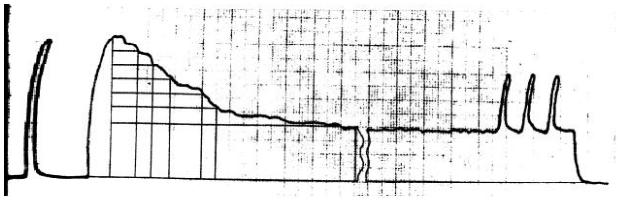


Рис. 1. Оригинальная тензограмма длительного удержания МПС в условиях непроизвольного снижения напряжения, развиваемого большими мышечными массивами. Общая длительность удержания - 10 минут. В конце периода удержания несколько дополнительных максимальных произвольных усилий.

спада напряжения в быстрой фазе (h_1/t) составила величину порядка 0,78±0,06 условных единиц в 1 сек (1,1 кг/сек). Величина дополнительного напряжения в конце усилия ($H_{1)}$ составила в среднем 33,56±1,43 условных единиц (114,0±5,0 кг), величина усилия, утраченная в результате воздействия периферических факторов утомления (Н2), составила 12,8±0,36 условных единиц (44,4±4,7 кг), а величина утраченного усилия, (h_3) связанного с центральными механизмами (H_1 - h_2) 16,56±1,1 условных единиц (58,0±4,8 кг).

Как указывалась выше, есть основания предполагать, что показатель (h_2) в определенной мере отражает функцию медленных, резистентных к утомлению волокон скелетных мышц, а, будучи отнесен к величине начальной МПС, он свидетельствует об удельном весе этих структур в общей массе мышц. Тогда разница между величиной МПС и величиной показателя (h_2), выраженная в % к МПС, будет отражать удельный вес быстрых и промежуточных волокон в общей массе мышц. В условиях наших исследований эти показатели в среднем составили: медленных - 35,4±1,3%, быстрых и промежуточных - 64,6±1,3%. Анализ длительности фазы быстрого снижения может рассматриваться как параметр, по которому возможно предполагать об удельном весе промежуточных и быстрых волокон раздельно. Следует подчеркнуть, что высказанное предположение для окончательного доказательства их справедливости нуждается в специальных дополнительных исследованиях и последующем корреляционном анализе с привлечением общепринятых методов количественной и качественной оценки морфофункционального профиля скелетной мышцы.

Традиционным и весьма результативным подходом при анализе процессов утомления в скелетных мышцах является метод электромиографии. Мы попытались изучить суммарную биоэлектрическую активность одной из мышц, участвующих в поддержании заданного максимального напряжения. Такой мышцей была избрана m.anconeus, отличающаяся достаточно высокой степенью участия в заданном упражнении и легкодоступна для применения поверхностных электродов. Электромиограмму (ЭМГ) регистрировали в течении 6 минут, соответствующих средней длительности снижения фактической величины нагрузки (в данных условиях), т.е. до установления состояния устойчивой работоспособности. Для сопоставления механической и биоэлектрической активности учитывали напряжение, развиваемое мышцей, а биоэлектрическую активность находили как интеграл электрических потенциалов при каждой регистрации суммарной ЭМГ; затем, в целях соизмеримости, и те и другие показатели переводили в проценты от их исходного уровня. В данной серии исследований приняло участие 11 человек. Физическую нагрузку давали с использованием специального устройства (тензометрического силоизмерителя-тренажера), которое позволяло осуществлять дозированные физические нагрузки с участием различных мышечных групп. В данной серии исследований испытуемым предлагалось выполнить одновременный жим руками и ногами с максимально возможным усилием и в дальнейшем (на протяжении 6 минут) поддерживать его на этом уровне. Естественно, что сохранение исходного напряжения было возможно лишь в течении 10-20 секунд, после чего фактический уровень усилия неизбежно снижался. Величину поддерживаемого уровня нагрузки определяли по тензограмме, которую регистрировали одновременно с электромиограммой (на одной пленке).

На рис. 3 представлена динамика изменений степени мышечного напряжения и уровня биоэлектрической активности. Как видно из полученных тензограмм, в первые 1,5-2 минуты наблюдается выраженное снижение исследуемых показателей. В этом отрезке времени их значения почти совпадают. Однако, примерно через 1 минуту 40 секунд - 2 минуты от начала нагрузки, когда интенсивность изменений данных параметров замедляется, характер дальнейшего их снижения оказывается различным. Если на первом этапе нагрузки величина усилия снижается на 64,8±5,0%, а показатель электрической активности - на 64,3±3,6%, то за период с 1,40 секунд до пятой минуты их изменения выражены значительно слабее, но проявляются в разной степени. Первый из этих показателей (мышечное усилие) дополнительно снижается еще на 28,1±4,1% ($p<0,001$), а второй - на 11,4±3,9% ($p<0,05$). Следовательно, интенсивность сдвигов на этом этапе различна ($p<0,01$). Различие между рассматриваемыми параметрами отчетливо выявляются не только при сравнении крайних значений (по сдвигам), но и при их сопоставлении на всем протяжении этого периода нагрузки (статистически достоверно с 2 минут 30 секунд до 6 минут).

Таким образом, проведенный статистический анализ подтверждает наше заключение о параллельном и интенсивном снижении уровня мышечного напряжения и интеграла регистрируемой миограммы в первые 1,5 - 2 минуты нагрузки с последующим замедлением этого процесса; при этом достигнутый уровень биоэлектрической активности работающей мышцы уменьшается в дальнейшем незначительно по сравнению с более выраженным снижением величины поддержива-

емого усилия. Вместе с тем, однонаправленность изменений рассматриваемых параметров и отсутствие существенных различий не обязательно указывают на наличие связи между ними. Поэтому проведено определение корреляции анализируемых показателей.

На первом этапе нагрузки, соответствующем резкому снижению рассматриваемых кривых (рис. 3), между уровнем мышечного напряжения и значениями биоэлектрической активности имеется весьма тесная связь: коэффициент корреляции, вычисленный для периода от начала нагрузки до 1 минуты 40 секунд ее выполнения - 0,969 ($p<0,01$). На последующем этапе осуществления максимальной нагрузки корреляция рассматриваемых показателей оказались также достаточно высокой - $r = 0,896$ ($p<0,01$).

Наглядное представление о характере связи между уровнем поддерживаемого напряжения и величиной биоэлектрической активности (оба показателя рассматриваются в процентах относительно их значения в начале нагрузки) даст рис. 4, на котором отражены все полученные в этой серии данные и показаны линии регрессии.

Высокие значения найденных коэффициентов корреляции позволяют составить соответствующие уравнения регрессии для косвенной оценки степени мышечного напряжения по данным электромиографии в тех случаях, когда прямое определение уровня усилия, развиваемого конкретной мышцей, работающей в составе группы мышц, оказывается невозможным.

Составленные по этим уравнениям формулы имеют следующий вид:

$F_1 = 1,03 \times K - 2,3$

$F_2 = 1,3 \times K - 17,6$, где

F_1 - исходное усилие, поддерживаемое мышцей В процентах от эго максимального значения (в периоде от начала максимальной статической нагрузки до 1,5 минут ее выполнения);

F_2 - то же, но в периоде от 1,5 минут до конца выполнения максимальной статической нагрузки;

K - отношение интеграла поверхностной миограммы исследуемой мышцы к его значению в начале нагрузки на уровне МПС (в %).

С теоретической точки зрения в этой серии исследования представляют на наш взгляд интересные данные об определенной диссоциации электрической и механической активности работающих мышц в процессе их утомления, отчетливо проявляемой начиная со второй минуты выполнения максимальной статической нагрузки (рис. 2). Обнаруженные особенности могут иметь несколько объяснений.

Можно, предположить, что уровень механической активности m.anconeus, начиная со второй минуты, снижается медленнее, чем общий уровень напряжения, участвующего в данных сократительных актах мышечного массива, тогда динамика уровня биоэлектрической активности может отражать лишь механическую активность одной мышцы и не соответствовать динамике суммарной биоэлектрической активности всего мышечного массива. Существует также возможность связать замедление снижения биоэлектрической активности по сравнению с динамикой спада механической активности с тем, что развивающееся утомление ведет к включению в сократительный процесс других мышечных групп, как одно из разновидностей перемежающегося функционирования. Однако оказывается менее эффективными в поддержании данного направления. И, наконец, особый интерес с нашей точки зрения пред-

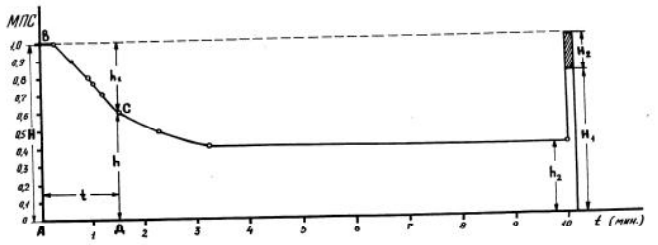


Рис. 2. Схема анализа тензограмм длительного удержания МПС с обозначениями избранных для анализа параметров.

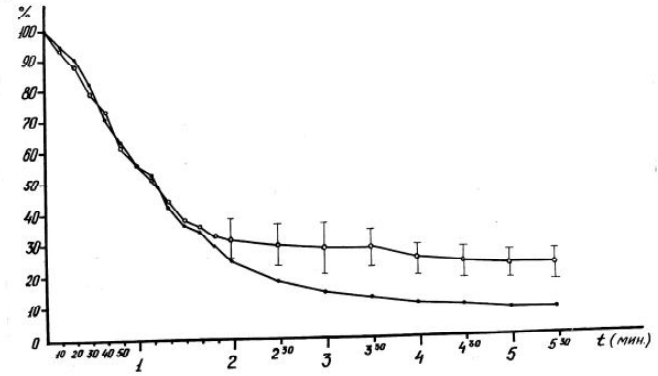


Рис. 3. Взаимосвязь изменений механической и биоэлектрической функции мышц в процессе длительных удержаний МПС. Ось абсцисс - время удержания в минутах, ось ординат - выраженность функции в процентах от максимальных значений.

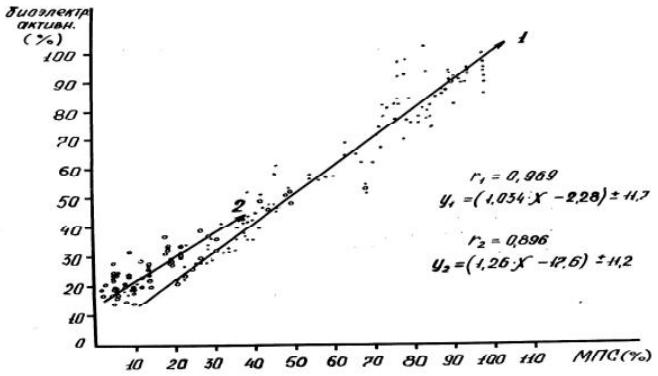


Рис. 4. Зависимость между уровнем биоэлектрической активности и степенью мышечного напряжения (оба показателя в процентах к уровню начала нагрузки).

ставляет предполагаемый механизм обнаруженной диссоциации, состоящей в том, что в результате физиологического, функционального нарушения электромеханической связи в отдельных мышечных волокнах последние перестают сокращаться, сохраняя способность своих синаптических образований к проведению возбуждения, а мембраны - к генерации потенциалов действия. Такая ситуация при определенных экспериментальных условиях может встречаться и описана в литературе [Pawson, Grinell, 1984; Monad, 1985].

Рассмотренные выше вопросы относятся преимущественно к анализу механизмов утомления, возникающего в условиях непрерывных статических усилий, при которых процессы восстановления протекают непосредственно в период самой деятельности. При этом в конечном итоге, уровень сократительной активности снижается до тех пор, пока интенсивность энерготрат, снижаясь по мере отключения все большего числа двигательных единиц, не приблизится к уровню идущих в клетке восстановительных процессов. Возникновение равновесия между процессами восстановления и истощения и определяет сократительную деятельность в устойчивом режиме. Вместе с тем, отключившиеся мышечные волокна, как показано в многочисленных исследованиях в условиях целостной мышечной деятельности, далеко не исчерпывают своих энергетических ресурсов, а прекращают функцию под действием многочисленных и многоуровневых охранительных механизмов, среди которых можно назвать процессы торможения различных отделов ЦНС, действие тормозных нейронов, функции клеток Рейншоу, процессы пре-постсинаптического блокирования [Зимкин, Панов, 1982; Pierrot-Pescilliguy, Masieres, 1984; Soldati Jr. Joaj et al., 2011].

Выводы и перспективы дальнейших разработок

1. Таким образом, анализ предлагаемых показателей (H, H_1, h_2) позволяет говорить о возможности косвенной оценки функционального профиля исследуемых мышц, а также соотношения центральных и периферических механизмов утомления. Кривая утомления в условиях длительных удержаний МПС позволяет говорить о возможности косвенной оценки морфофункциональной диагностики исследуемых мышц и отражает как центральные, так и периферические особенности регулирования мышечной работоспособности и может оцениваться по критериям, предложенным выше, при условии адекватной трактовки полученных результатов.

2. При длительном удержании МПС в условиях непроизвольного снижения развиваемого напряжения наблюдается отсутствие параллелизма в динамике механической и биоэлектрической активности мышц.

Изученные подходы неинвазивного количественного определения морфофункционального профиля скелетных мышц могут быть использованы в дальнейшем при совершенствовании способов оценки функционального состояния организма человека для характеристики его утомляемости и роли в этом явлении центральных и периферических механизмов.

Список литературы

Белоцерковский З.Б. Гемодинамическая реакция при статических и динамических физических нагрузках у спортсменов /З.Б.Белоцерковский, Б.Г.Любина, Ю.А.Борисова // Физиология человека.- 2002.- Т.28, №2.- С.89-94.

Замостьян В.П. О периферических и центральных механизмах длительной работы мышц /В.П.Замостьян, В.М.Норинская, А.Н.Янина //Тез. докл. науч. конф.: Физиологические механизмы физической и умственной работоспособности при спортивной и трудовой деятельности.- Львов, 1981.- С.34-35.

Зимкин Н.В. Нервно-мышечные факторы, лимитирующие двигательную деятельность в спорте /Н.В.Зимкин, В.Г.Панов //Тез. докл. XVI Всесоюз. конф.: По физиологии мышечной деятельности.- М., 1982.- С.73-74.

Качан В.В. Изометрическая работоспособность студентов при усилиях на заданном уровне максимальной произвольной силы /В.В.Качан, Т.И.Качан, Е.В.Лежнёва //Матер. XI міжн. науково-практ. конф.: Спортивна медицина, лікувальна фізкультура та валеологія.- Одеса, 2005.- С.106-111.

Коц М.Я. Длительность "активного состояния" и скорость развития тетанического изометрического напряжения мышц-антагонистов голени: Теория и практика физической культуры /М.Я.Коц, Ю.А.Коряк.- М.: Физкультура и спорт.- 1981.- С.16-21.

Коц Я.М. Периферическое утомление при локальной статической работе разной интенсивности /Я.М.Коц, С.П.Кузнецов //Физиология человека.- 1980.- Т.6, №1.- С.71-79.

Персон Р.С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением /Р.С.Персон - М.: 1985.- С.184.

Саплинскас Ю.С. Импульсная активность при длительной работе мышц на различном уровне напряжения у нетренированых лиц и спортсменов высокой квалификации /Ю.С.Саплинскас, И.И.Ящанинас.- Физиологические основы управления движениями.- М., 1980.- С.104-111.

Broman H. Motor unit recruitment and firing rates interaction in control of human muscles /H.Broman, C.J.Deluca, B.Mambrito //Brain res.- 1985.- Vol.337, №2.- P.311-319.

De Luca Carlo J. Control properties of motor units muscle /J.De Luca Carlo //J. exp.biol.- 1985.- Vol.115, №11.- P.125-136.

Soldati Jr. Joao B. Electromyographic activity during maximal isometric contraction combined with local sinusoidal vibration /Soldati Jr. Joao B., de Oliveira Claudino Joao G. //Biomedical Human Kinetics,Versita.- 2011.- Vol.3, №3.- P.35-38.

Garner J.C. Comparison of electromyographic activity during eccentrically versus concentrically loaded isometric contractions / J.C.Garner, T.Blackburn, W.Weimar // J. of Biomedicine and Biotechnol.- 2011.- Vol.11.- P.8-16.

Harrison P.J. Relationship between distribution of motor unit mechanical properties and forces due to recruitment and to rate coding for generation of muscle force /P.J.Harrison //Brain res.- 1983.- Vol.264, №2.- P.311-315.

Monad H. Contractivity of muscle during prolonged static and repetitive dynamic activity /H.Monad //Ergonomics.-

1985.- Vol.28, №1.- P.81-89.
Nudell B. Xenopus, specifity of innervation among xenopus twitch muscle fibers / B.Nudell, A.P.Grinnell //Brain rec.- 1985.- Vol.330, №2.- P.353-357.
Pawson P.A. Posttetanic potentiation in strong and weak neutomuscular junctions physiological differences caused by a differential Ca2+ influx / P.A.Pawson, A.P.Grinnell //Brain rec.- 1984.- Vol.323, №2.- P.311-315.
Pierrot-Deseilligny E. Circuits reflexes de la moelle eriniere ches l'homme. Controle au cours du movement et role fonctionnel (I, II part) /E.Pierrot-Deseilligny, L.Masieres //Rev. neurol.- 1984.- Vol.140, №12.- P.605-614.
Zajac F.E. Relationship among recruitment order, axonal conduction velocity, and muscle-unit properties of type-identifical motor units in cat plantaric muscle /F.E.Zajac, J.S.Faden //J. neurophsiol.- 1985.- Vol.53, №5.- P.1303-1322.

Лежньова О.В.

ФІЗИЧНА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ПРОЦЕСИ СТОМЛЕННЯ ПРИ СТАТИЧНИХ ЗУСИЛЛЯХ НА РІВНІ МАКСИМАЛЬНОЇ ДОВІЛЬНОЇ СИЛИ

Резюме. *У статті розглядається проблема статичної фізичної працездатності і механізмів центрального та периферичного стомлення в процесі тренування тривалими статичними навантаженнями на рівні максимальної довільної сили (МДС). Дослідження статичної працездатності проводили з використанням тензометричного силовимірювача-тренажера з одноіменною реєстрацією тензограмми та електроміограми на одній плівці.*

Ключові слова: *Максимальна довільна сила, статичне навантаження, працездатність.*

Lezhneva E.V.

PHYSICAL CAPACITY AND PROCESSES OF FATIGUE AT STATIC LEVEL EFFORTS OF MAXIMUM VOLUNTARY FORCE

Summary. *The paper viewed the problem of static physical capacity and mechanisms of central and peripheral fatigue during prolonged exercise with static stress at the maximum power of an arbitrary (MPA). Investigation of static efficiency was performed using strain power measured simulator with the same name registration tenzogramm and electromyogram in the same film.*

Key words: *maximum voluntary force, static burden, capacity for work.*

Стаття надійшла до редакції 21.10.2014

Лежнёва Елена Васильевна - доцент кафедры физвоспитания и ЛФК Винницкого национального медицинского университета им. Н.И.Пирогова; +38 098 074-98-22; lezhneva78@mail.ru