ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА

Самсонова Алла Владимировна, доктор педагогических наук, профессор, заведующая кафедрой биомеханики

Борисевич Марина Андреевна, доцент кафедры биомеханики Барникова Ирина Эдуардовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры биомеханики, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия



Аннотация. Посредством аппаратно-программного комплекса («Вибрационный Вискоэластометр (ВВЭМ-05)») изучались факторы, влияющие на механические свойства скелетных мышц в расслабленном и возбужденном состоянии под воздействием физической нагрузки (ФН). ФН представляла собой 35 прыжков вверх с места. В эксперименте участвовало 34 студента НГУ им. П.Ф. Лесгафта (специализация «Футбол»). Механические свойства (упругость и вязкость) изучались в напряженном и расслабленном состоянии мышц до и сразу после ФН. Факторный анализ (метод главных компонент) позволил выявить три латентных фактора, объясняющих 92,4% полной дисперсии выборки. Первый фактор (56,4%) связан с проявлением процессов возбуждения в мышце и управления мышцей со стороны нервной системы. Второй фактор (23,2%) характеризует вязкость скелетных мышц, а третий (12,7%) — упругость скелетных мышц. На основе полученных данных можно сделать вывод, что оценка механических свойств должна производиться в расслабленном состоянии мышц, чтобы исключить влияние на показатели упругости и вязкости нервной системы.

Ключевые слова: механические свойства скелетных мышц, вязкоупругие параметры, факторный анализ.

FACTORS AFFECTINGTHE MECHANICAL PROPERTIES OF HUMAN SKELETAL MUSCLES

Samsonova A.V., Cand. Pedag. Sci., Professor, Head of Biomechanics Department Borisevich M.A., Docent,

Barnikova I.E., Cand. Pedag. Sci., Docent,

Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St.-Petersburg, Russia

Abstract. The factors affecting mechanical properties of skeletal muscles in the relaxed and tense state under the influence of the exercise stress (ES) were studied by a computer-assisted experimental tool (Vibratory Viskoelastometr (VVEM-05)). ES consisted of 35 jump up in place. 34 students from soccer specialization of NSU of P.F. Lesgaft participated in an experiment. The mechanical properties (elasticity and viscosity) were studied in a tense and relaxed muscle before and immediately after the ES. Factor analysis (principal component analysis) revealed three latent factors that explain 92.4% of the total sample variance. The first factor (56.4%) is bound to implication with the processes of excitation manifestation in the muscle, and with the muscle control by the nervous system. The second factor (23.2%) represents the viscosity of the skeletal muscle, and the third factor (12.7%) - skeletal muscle elasticity. Based on these results, we can conclude that mechanical properties of the evaluation must be made in the muscle relaxed state to eliminate the influence on the elasticity and viscosity indices by the nervous system.

Key words: mechanical properties of skeletal muscles, viscoelastic characteristics, factor analysis.

Введение

Одним из перспективных направлений исследования механических свойств скелетных мышц, в частности их упругости и вязкости, является механомиография. Посредством этого метода установлено, что напряженная скелетная мышца отличается от расслабленной большими показателями упругости [1; 7; 9] и вязкости [3]. Одним из протоколов этого направления является изучение изменения механических свойств мышцы под воздействием физической нагрузки (ФН).

Установлено, что под влиянием физической нагрузки (ФН) механические свойства мышц изменяются. Исследование этого вопроса наиболее полно осуществил Г.В. Васюков [3]. В дальнейшем изучение этой проблемы было продолжено другими учеными, однако результаты были получены противоречивые.

Остаются неясными вопросы: в каком состоянии мышцы необходимо производить сравнение результа-

тов – расслабленном или возбужденном; какие латентные (скрытые) факторы влияют на механические свойства мышц в расслабленном и возбужденном состоянии?

Г.В. Васюков [3] установил, что после ФН вязкость быстрых мышц в расслабленном состоянии возрастает. Е.М. Тиманин и Е.В. Еремин [7] предположили, что изменения эффективной вязкости мышцы в процессе поддержания различных уровней изометрического напряжения вызваны тем, что быстрые и медленные двигательные единицы имеют разную вязкость. Проведенные нами исследования [6] показали, что недостоверные изменения вязкости расслабленной мышцы до и после ФН могут быть связаны с различной композицией мышечных волокон.

Цель исследования состояла в выявлении факторов, влияющих на механические свойства скелетных

мышц в расслабленном и возбужденном состоянии под влиянием ΦH .

Методы и организация исследования

В эксперименте приняли участие 34 студента НГУ им. П.Ф. Лесгафта. В качестве ФН исследуемые выполняли 35 прыжков вверх с места с заданием: «Выполнять прыжок в удобном темпе как можно выше». Длительность выполнения ФН составляла 38,8±1,5 сек. До и после выполнения ФН (в течение 1 минуты) регистрировались механические характеристики латеральной широкой мышцы бедра в расслабленном и напряженном состоянии.

Для оценки механических свойств латеральной широкой мышцы бедра (упругости и вязкости) применялся аппаратно-программный комплекс «Вибрационный Вискоэластометр (ВВЭМ-05)» [8]. Вибродатчик удерживался в руке оператора перпендикулярно поверхности мышцы на расстоянии 15 см от центра коленного сустава вдоль линии, соединяющей коленный и тазобедренный суставы в сагиттальной плоскости. Непосредственно перед прижатием вибродатчика к мышце

производилась его калибровка с целью установки нуля статического давления.

Для повышения точности результатов измерение механических свойств расслабленной и напряженной мышцы до и после ФН проводилось трижды. При обработке полученных результатов определялись: эффективные модули упругости (Е, кПа) и вязкости (V, Па с) для каждого из отдельных прижатий. После этого посредством статистического пакета «STATGRAPHICS Centurion» рассчитывались средние значения механических характеристик для расслабленной и напряженной мышцы до и после ФН, а также осуществлялся факторный анализ методом главных компонент. Количество факторов определялось посредством критерия Кайзера-Гутмана. Вращение матрицы факторных нагрузок осуществлялось на основе варимакс-критерия [2; 5].

Результаты

В таблице 1 представлены результаты проведения первого этапа факторного анализа.

Таблица 1 - Результаты проведения первого этапа факторного анализа

№ фактора	Собственное	Степень влияния фактора на	Накопленная степень влияния факторов	
	число	полную дисперсию, %	на полную дисперсию, %	
1	4,51	56,420	56,420	
2	1,86	23,298	79,717	
3	1,02	12,772	92,489	
4	0,30	3,862	96,352	
5	0,12	1,605	97,957	
6	0,11	1,402	99,359	
7	0,03	0,413	99,772	
8	0,01	0,228	100,000	

Согласно критерию Кайзера-Гутмана, для последующего анализа было отобрано три фактора, собственные числа которых были не меньше единицы. Первый фактор (собственное число 4,51) объясняет 56,4% полной дисперсии выборки; второй фактор (собственное число 1,86) — 23,2% полной дисперсии выборки. Третий фактор (собственное число 1,02) объясняет

12,7% полной дисперсии выборки. Все три фактора объясняют 92,4% полной дисперсии выборки, что является хорошим показателем для выполнения последующих этапов факторного анализа.

После процедуры вращения матрица факторных нагрузок имела следующий вид (табл. 2).

Таблица 2 – Матрица факторных нагрузок после процедуры вращения

	1 Фактор	2 Фактор	3 Фактор
$\ $	0,123915	0,0388198	0,976717
Эффективный модуль вязкости в расслабленном состоянии до ФН	0,0689142	0,963244	0,122206
Эффективный модуль упругости в напряженном состоянии до ФН	0,898982	-0,0209252	0,285069
Эффективный модуль вязкости в напряженном состоянии до ФН	0,914175	0,328478	0,0513123
Эффективный модуль упругости в расслабленном состоянии после ФН	0,637499	-0,0154311	0,671173
Эффективный модуль вязкости в расслабленном состоянии после ФН	0,214727	0,938951	-0,0903803
Эффективный модуль упругости в напряженном состоянии после ФН	0,924603	0,0314388	0,263201
Эффективный модуль вязкости в напряженном состоянии после ФН	0,863576	0,425065	0,00638268

Анализ матрицы факторных нагрузок после процедуры вращения позволил выявить структурный состав каждого из факторов. Так, в первом факторе высокие значения имеют факторные нагрузки на переменные: эффективный модуль упругости в напряженном состоянии до ФН (0,898982); эффективный модуль вязкости в напряженном состоянии до ФН (0,914175);

эффективный модуль упругости в напряженном состоянии после ФН (0,924603); эффективный модуль вязкости в напряженном состоянии после ФН (0,863576). По-видимому, посредством этих переменных видно влияние латентного фактора — нервной системы, вызывающей возбуждение мышцы.

Во втором факторе высокие значения факторных

нагрузок показали переменные: эффективный модуль вязкости в расслабленном состоянии до ФН (0,963244) и эффективный модуль вязкости в расслабленном состоянии после ФН (0,938951), которые характеризуют собственно вязкость скелетных мышц. В третьем факторе высокие значения факторных нагрузок у переменных: эффективный модуль упругости в расслабленном состоянии до ФН (0,976717); эффективный модуль упругости в расслабленном состоянии после ФН (0,671173). Этот фактор, по всей видимости, характеризует собственно упругость скелетных мышц.

Обсуждение результатов

ФН, используемая в настоящем исследовании, относится к зоне субмаксимальной мощности. Ее длительность составляет приблизительно 40 сек. В течение этого времени в мышечных волокнах (особенно быстрых) практически исчерпываются запасы креатинфосфата [4]. На основе этих идей А.В. Шишкиной [10] предложено использовать этот вид ФН для оценки композиции мышечных волокон в скелетных мышцах человека и разработан специальный тест.

Данный вид ФН характеризуется также тем, что в мышечных волокнах значительно возрастает содержание молочной кислоты (лактата), что приводит к набуханию мышечных волокон и изменению их объема. При этом в большей степени возрастает объем быстрых мышечных волокон, ресинтез АТФ которых основан на креатинфосфатном пути и анаэробном гликолизе. Изменение объема мышечных волокон может существенно повысить упругость и вязкость (внутреннее трение) скелетной мышцы. В связи с этим оценка изменения механических свойств мышц под воздействием ФН позволит уточнить результаты, полученные посредством теста, предложенного А.В. Шишкиной [10].

Чтобы избежать возбуждающего влияния нервной системы на механические свойства мышц, их оценку, необходимо проводить в расслабленном состоянии.

Выводы

По результатам эксперимента и проведенного факторного анализа можно сделать следующие выводы:

- 1. Выявлены три фактора, объясняющие 92,4% полной дисперсии выборки, что является высоким показателем для данного вида исследования.
- 2. Первый фактор (56,4% полной дисперсии выборки) связан с проявлением процессов возбуждения в мышце и управления мышцей со стороны нервной системы.
- 3. Второй фактор (23,2% полной дисперсии выборки) характеризует собственно вязкость скелетных мышц.
- 4. Третий фактор (12,7% полной дисперсии выборки) характеризует упругость скелетных мышц.
- 5. Оценка механических свойств мышц до и после ФН должна производиться в их расслабленном состоянии, чтобы исключить влияние нервной системы на показатели упругости и вязкости.

Список литературы

- Бондаренко, К.К. Биомеханическая интерпретация данных миометрии скелетных мышц спортсменов [Текст] / К.К. Бондаренко, Д.А. Черноус, С.В. Шилько // Российский журнал биомеханики, 2009. Т. 13. № 1. С. 7–17
- Бююль, А. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей [Текст] / А. Бююль, П. Цефель.— СПб.: Диасофт. – СПб., 2005. – 608 с.

- 3. Васюков, Г.В. Исследование механических свойств скелетных мышц человека : автореф. дис... канд. биол. наук [Текст] / Г.В. Васюков. М., 1967. 16 с.
- Михайлов, С.С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и колледжей физической культуры [Текст] / С.С. Михайлов. – М.: Советский спорт, 2009. – 348 с.
- Самсонова, А.В. Факторный анализ в педагогических исследованиях в области физической культуры и спорта : учеб. пособие [Текст] / А.В. Самсонова, И.Э. Барникова // Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. – СПб., 2013 – 90 с.
- Самсонова, А.В. Влияние физической нагрузки на механические свойства скелетных мышц человека [Текст] / А.В. Самсонова, М.А. Борисевич, И.Э. Барникова // Олимпийский спорт и спорт для всех: XX Международный научный конгресс. 16–18 декабря 2016 г., Санкт-Петербург, Россия: Материалы конгресса. Ч. 2. СПб., 2016. С. 476–479.
- Тиманин, Е.М. Изменения механических и электромиографических характеристик бицепса в процессе изометрического напряжения [Текст] / Е.М. Тиманин, Е.В. Еремин. Нижний Новгород, 2001. Препринт № 554. 21 с.
- 8. Тиманин, Е.М. Теоретические и экспериментальные основы виброакустической вискоэластографии мягких биологических тканей: автореф. дис. докт. техн. наук [Текст] / Е.М. Тиманин. Нижний Новгород, 2007. 28 с.
- Хайкова, М.А. Изменение механических свойств скелетных мышц человека при развитии ими напряжения: дис. ... канд. биол. наук [Текст] / М.А. Хайкова. – М., 1984. – 176 с.
- Шишкина, А.В. Биодинамическая оценка мышечной композиции [Текст] / А.В. Шишкина // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта, 2008. – № 11. – С. 108–111.

Bibliography

- Bondarenko, K.K. Biomechanical interpretation of myometry of sportsmen skeletal muscles / K.K. Bondarenko, D.A. Chernous, S.V. Shilko // Russian Journal of Biomechanics. 2009. Vol. 13. No. 1. pp. 7–17
- Bühl, A. SPSS. Version 10. Einführung in die moderneDatenanalyseunter Windows / A. Bühl, P. Zöfel. München: Addison Wesley Verlag, 2000. – 608 p.
- 3. Vasyukov, G.V. The study of the mechanical properties of human skeletal muscle:extended abstract of cand. sci. dissertation / G.V. Vasyukov. Moscow, 1967. 16 p.
- Mikhaylov, S.S. Sport biochemistry: tutorial for high schools and colleges of physical training / S.S. Mikhaylov. – Moscow: Soviet sport, 2009. – 348 p.

Физическая культура

- Samsonova, A.V. Factor analysis in educational research in the field of physical culture and sports / A.V. Samsonova, I.E. Barnikova. –St.Petersburg: Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, 2013. – 90 p.
- Samsonova, A.V. Influence of physical load on mechanical properties of skeletal muscles of human / A.V. Samsonova, M.A. Borisevich, I.E. Barnikova // Olympic sport and sport for all: XX International Scientific Congress. – St. Petersburg, Russia, 16–18 December, 2016. – Vol. 2. – Pp. 476– 479
- Timanin, E.M. Changes in mechanical and electromyographic characteristics of the biceps in the process of isometric tension / E.M. Timanin, E.V. Eremin E.V. Nizhny Novgorod, 2001. –Preprint No.554. 21 p.
- 8. Timanin, E.M. Theoretical and experimental bases vibroakusticheskojviskoelastography soft biological tissue: ex-

- tended abstract of a doctor's degree in Engineering Sci. / E.M. Timanin. Nizhny Novgorod, 2007. 28 p.
- Khaykova, M.A. (1984) Changes in mechanical properties of human skeletal muscles in their tension development: dissertation / M.A. Khaykova. – Moscow, 1984/ – 176 p.
- Shishkina, A.V. Biodynamical estimation of human muscle composition / A.V. Shishkina // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. – 2008. – No.11 (45). – Pp. 108–111

Информация для связи с автором: barnikova@gmail.com alla.samsonova.spb@gmail.com borisevichma@bk.ru

УДК 796:378

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЦЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ: СОДЕРЖАНИЕ, СВОЙСТВА, ФУНКЦИИ

Виленский Михаил Яковлевич, доктор педагогических наук, профессор, Московский государственный областной университет



Аннотация. Представлены сущностные, содержательные, структурные, функциональные характеристики понятия «ценность», используемого в образовательном процессе по физической культуре в высшей школе. Эти характеристики позволяют педагогам увидеть «мир ценностей», в которых зафиксирован уровень расхождения между существующим и должным, действительностью и идеалом; определить приоритеты воспитательной работы, помочь студентам жить в соответствии с ценностями.

Ключевые слова: социокультурная детерминация, экзистенциальные переживания, антропоцентричность, самодостаточность, онтологичность.

THE EDUCATIONAL VALUE OF PHYSICAL CULTURE IN HIGHER EDUCATION: CONTENTS, PROPERTIES, FUNCTIONS

Vilenskiy M.Y., Dr. Pedag. Sci., Professor, Moscow state regional University

Abstract. The paper Presents the essential, substantive, structural, functional characteristics of the concept of "value" used in educational process on physical culture in high school, allowing teachers to see the "world of values", which recorded the level of discrepancy between existing and proper, the reality and the ideal, to determine the priorities of educational work, to help students live in accordance with values.

Key words: sociocultural determination, existential experience, anthropocentricity, self-sufficiency, ontological.

В общей системе гуманитарного образования ценности физической культуры имеют качественное своеобразие и специфику, самостоятельную роль и место. Формируясь исторически общественным сознанием, они фиксируются в общекультурном и профессиональном образовании в виде специфических образов и представлений, овладение которыми осуществляется в процессе учебной деятельности. Уровень их субъекти-

визации определяется показателем развития физической культуры личности студента.

Понятие «ценность» интересует образовательную практику в связи с формированием мировоззрения личности и раскрытием механизмов перевода общественных ценностей в личные. Ценности стимулируют поведение и поступки, действуя как важный фактор мотивации личности. Ценности определяют централь-