

Козлов, И.М. Взаимосвязь темпа и ритма биомеханической структуры спортивных движений / И.М. Козлов, А.В. Самсонова, В.Н. Томилов // Теория и практика физической культуры, 2003.- № 2.– С. 10-13.

**Козлов И.М., Самсонова А.В., Томилов В.Н.**

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕМПА И РИТМА БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ**

**Ключевые слова:** биомеханические структуры, соревновательные движения, ритмический рисунок, опорно-двигательный аппарат.

Особенности ритмической структуры соревновательных движений являются объектом изучения во многих видах спорта. И хотя нет прямых исследований, которые с биомеханической точки зрения увязывали бы ритм с устойчивостью и надежностью выполнения движений, предполагается, что их эффективность во многом определяется ритмической структурой двигательных действий.

Характерная особенность соревновательных движений во многих видах спорта - максимально возможный темп выполнения с приложением максимальных усилий. В связи с этим в ходе изучения закономерностей формирования центральных двигательных программ возникает проблема взаимосвязи ритма и темпа движений, т.е. закономерностей их ритмо-темповой структуры.

При исследовании особенностей электрической активности (ЭА) мышц в циклических движениях отмечается снижение длительности периода активности при увеличении темпа, причем относительная длительность ЭА увеличивается (А.В. Самсонова, 1997). При увеличении темпа "сдвиг" ЭА в локомоторном цикле приводит к увеличению периодов одновременной активности мышц-антагонистов. Возможно, что с увеличением темпа ритмическая структура движения приобретает черты интегративной системы вследствие того, что мышцы одновременно обеспечивают решение нескольких задач: развивают тягу, рекуперируют энергию, повышают жесткость опорно-двигательного аппарата.

С целью подтверждения данной гипотезы проведен анализ различных двигательных действий, как циклических, так и ациклических: педалирования на скоростном велостанке, спринтерского бега, а также подъема штанги.

В качестве основы для описания ритма использовался отдельный такт, включающий последовательно расположенные в кинематических фазах усилия. Характер этой последовательности позволяет судить об особенностях акцентирования усилий и по аналогии с понятием такта, заимствованным из теории музыки, классифицировать такты по количеству входящих в него долей - усилий. В локомоциях границы такта совпадают с границами цикла.

Использовались два основных метода исследования: электромиографический и тензографический. Первым методом измерялись параметры ЭА мышц нижних конечностей: двуглавой бедра (BF), прямой бедра (RF), передней большеберцовой (TA), больших, средних и малых ягодичных (GL), натягивателя широкой фасции бедра (TFL), широкой латеральной бедра (VL), икроножной (GA). В качестве показателя, косвенно отражающего величину усилия (мощности) мышечного сокращения, использовалась площадь  $S$ , ограниченная интегральной кривой электромиограммы (ЭМГ). Момент приложения мышечного усилия определялся как усредненная времененная координата  $t_s$  цикла, продолжительность которого равна  $t_{\text{ц}}$ . Для ациклических движений использованы данные вертикальной составляющей реакции опоры при подъеме штанги в рывке.

В состав испытуемых наряду с новичками и разрядниками входили мастера спорта, мастера спорта международного класса и заслуженные мастера спорта.

Таблица 1. Усредненные показатели ЭМГ мышц нижних конечностей в локомоторном цикле при педалировании с постоянной скоростью

Скорость, км/час	Длительность цикла $t_c$ , с	Темп $T, \text{с}^{-1}$	GA		TA		VL		BF		RF	
			$t_s$	$S$								
30	0,840	1,2	0,40	90	0,12	34	0,31	144	0,61	134	0,17	143
			0,68	176								
40	0,640	1,56	0,29	39	0,11	51	0,22	135	0,42	107	0,14	158
			0,49	128	0,44	5						
50	0,514	1,95	0,33	173	0,07	65	0,16	172	0,33	158	0,09	167
			0,33	14	0,33	14						
60	0,416	2,40	0,26	193	0,04	50	0,13	132	0,27	124	0,06	113
			0,28	3	0,28	3						

В табл. 1 содержатся данные  $t_c$ ,  $t_s$  и  $S$ , описывающие характер приложения усилий исследуемых мышечных групп при педалировании для четырех фиксированных скоростей: 30, 40, 50 и 60 км/ч, усредненные по 25 циклам. Активность мышцы на протяжении одного цикла может проявляться

несколько раз. Например, GA при скорости 30 км/ч проявляет свою активность дважды: в моменты времени от начала цикла, равные 0,40 и 0,68 с.

Рис. 1 иллюстрирует эти результаты для скорости 60 км/ч в виде диаграммы распределения усилий по времени цикла. Здесь: а) усилия, проявляемые отдельными мышцами; б) приведенные (суммарные) усилия групп мышц. Например, приведенное усилие S1 отражает суммарную активность TA и RF, S2-3 - активность VL, а S4 - суммарную активность GA, BF и TA (повторную в цикле). Высота диаграммы пропорциональна величине усилия, а ее место - моменту его приложения  $ts$ . Продолжительность цикла в относительных единицах принята за 1.

Приведенные усилия подсчитаны как средневзвешенные значения нескольких отдельных, близких по расположению в цикле усилий. В наиболее

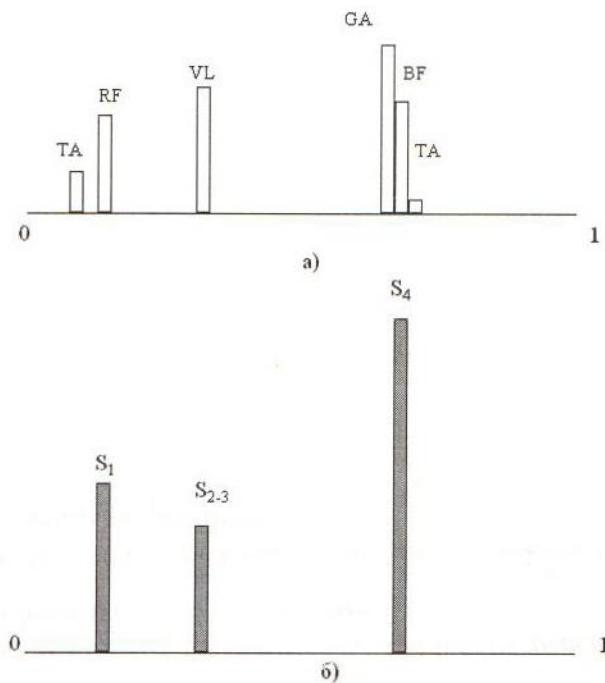


Рис. 1. Структура ЭА мышц в цикле движения при педалировании со скоростью  $V = 60$  км/ч (обозначения в тексте)

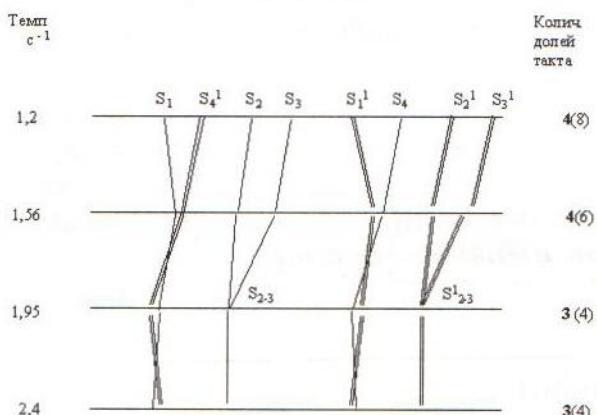


Рис. 2. Графическая интерпретация паттерна мышечной активности в зависимости от темпа педалирования ( $S_1^1, S_2^1, S_3^1, S_4^1, S_{2-3}^1$  - усилия, развиваемые второй нижней конечностью)

явной форме объединение отдельных усилий происходит при скоростях 50 и 60 км/ч, т.е. при максимальном темпе движения.

Диаграммы приведенных усилий дают наглядное представление о структуре движения как о трехдольном такте. С ростом темпа ритмический рисунок подобного такта приобретает устойчивый характер. Количественно он может быть представлен в виде соотношений величин усилий  $S_1 : S_2 : S_3 : S_4$  и времени их приложения  $t_1 : t_2 : t_3 : t_4$  (табл. 2).

На рис. 2 приводятся графическая интерпретация изменения количества долей такта и их распределение по его размеру в зависимости от темпа

педалирования. При  $T = 1,2$  с-1 такт содержит 4 доли. В случае учета работы обеими нижними конечностями количество этих долей равно 8. С увеличением темпа до  $2,4$  с-1 количество долей снижается соответственно до 3 и 4. Вторая и третья доли объединяются, и это общее усилие обозначено как  $S2\text{-}3$  (см. рис. 1 и 2).

Таблица 2  
Значения и соотношения усилий и временных промежутков между ними в цикле движения при педалировании

Темп, $\text{с}^{-1}$	$S_1 : S_2 : S_3 : S_4$	$t_1 : t_2 : t_3 : t_4$
1,2	177 : 144 : 90 : 310	0,16 : 0,31 : 0,40 : 0,65
	1 : 0,81 : 0,51 : 1,75	1 : 1,94 : 2,5 : 4,06
1,56	209 : 135 : 39 : 240	0,13 : 0,22 : 0,29 : 0,46
	1 : 0,65 : 0,19 : 1,15	1 : 1,69 : 2,23 : 3,54
1,95	232 : 172 : 354	0,084 : 0,16 : 0,33
	1 : 0,74 : 1,53	1 : 1,9 : 3,92
2,40	163 : 132 : 330	0,05 : 0,13 : 0,265
	1 : 0,81 : 2,02	1 : 2,6 : 5,3

Таблица 3  
Соотношения усилий и временных промежутков между ними при подъеме штанги в рывке

Темп, $\text{с}^{-1}$	$F_1 : F_2 : F_3 : F_4$	$t_1 : t_2 : t_3 : t_4$
1,43	1 : 0:0 : 1,39	1 : 0:0 : 1,94
1,14	1 : 0 : 1,05 : 1,42	1 : 0 : 1,47 : 2,05
1,03	1 : 0,98 : 1 : 1,4	1 : 1,47 : 1,34 : 1,98
1,01	1 : 0,97 : 1,01 : 1,38	1 : 1,51 : 1,63 : 2,3
0,96	1 : 1 : 1,05 : 1,36	1 : 1,49 : 1,71 : 2,31
0,93	1 : 0 : 1,06 : 1,41	1 : 0 : 1,8 : 2,4

Анализ результатов педалирования с набором скорости за минимальное время, для которого характерно значительное увеличение темпа, также позволяет говорить об "интеграции" центральных команд, определяющих биомеханическую структуру движения (рис. 3). Внешне это выглядит как упрощение ритмического рисунка структуры движения в ходе этого изменения.

Для начальных моментов времени (цикл 6) паттерн двигательной

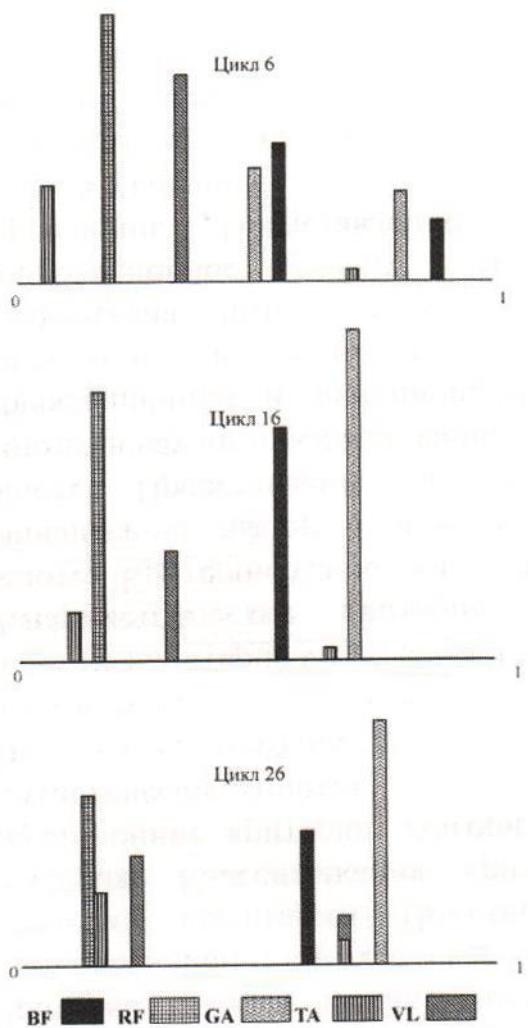


Рис. 3. Изменение параметров ЭА мышц при педалировании с набором скорости с 20 до 80 км/ч за минимальное время

активности представляет собой раздробленную картину проявления усилий отдельных мышц. С увеличением темпа начинает проявляться объединение зон активности в первой и второй половинах циклов. Между ними наблюдается переходный этап активности мышц VL и BF (цикл 16). Но при дальнейшем увеличении темпа подобный четырехдольный тakt трансформируется в двухдольный (цикл 26), в котором активность мышц проявляется в форме объединений активности в двух разных временных зонах цикла.

Для подтверждения подобных закономерностей были проведены эксперименты по регистрации ЭА мышц при беге с разной скоростью: двуглавой и прямой мышц бедра, ягодичной мышцы и мышцы - натягивателя широкой фасции бедра. В данном случае с увеличением темпа имеет место изменение паттерна мышечной активности до трехдольного такта.

Особенности ритмо-темповой структуры ациклических движений рассмотрены на примере подъема штанги в рывке. При этом использовалась тензодинамограмма - зависимость вертикальной составляющей реакции опоры от времени выполнения движения.

На рис. 4 представлены диаграммы распределения усилий, а в табл. 3 приведены количественные показатели ритма в структуре движения мастера спорта весовой категории 85 кг при подъеме штанги. Здесь  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  - усилия, а  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  - соответственно время проявления этих усилий в отдельных фазах движения. Характерным является увеличение долей ритмического рисунка движения со снижением скорости выполнения движения (увеличением веса штанги) и одновременным увеличением проявляемых при этом напряжений.

Снижение скорости может быть приравнено к уменьшению темпа движения, определяемого как величина, обратная времени выполнения движения. При этом происходит разделение усилий на отдельные составляющие.

С увеличением поднимаемого веса темп снижается и количество долей такта возрастает с двух до четырех. Появление трехдольного такта в последней попытке спортсмена есть результат ее неудачного выполнения. Это означает, что в условиях предельной нагрузки неудача определяется невозможностью выдерживать необходимый ритмический рисунок ввиду отсутствия достаточного запаса сил.

Таким образом, при педалировании на скоростном велостанке, в спринте и при подъеме штанги структура распределения мышечных усилий имеет характерный ритмический рисунок. Он может быть представлен в виде отдельного такта, особенностью которого является наличие сильных и слабых долей (максимальных и минимальных усилий), а также изменение их количества в зависимости от времени выполнения движения. Уменьшение либо увеличение длительности упражнения приводит к изменению соотношений как величин усилий, так и временных промежутков между ними - расстановке акцентов в ходе выполнения упражнения.

Анализ результатов экспериментов позволяет говорить об общих закономерностях структуры двигательных действий в различных видах спорта. Подобные закономерности проявляются при выполнении как циклических, так и ациклических движений и сводятся к следующим положениям:

- с увеличением темпа ритм упрощается и, наоборот, с его уменьшением усложняется;

- величины соотношений параметров движения, характеризующие его ритм, для всех видов движений имеют близкие значения;

- усложнение ("распадение") ритма характеризуется появлением фрактальной структуры - характерного признака самоорганизующейся системы. При этом наблюдается повторение параметров отдельных фаз структуры целого движения.

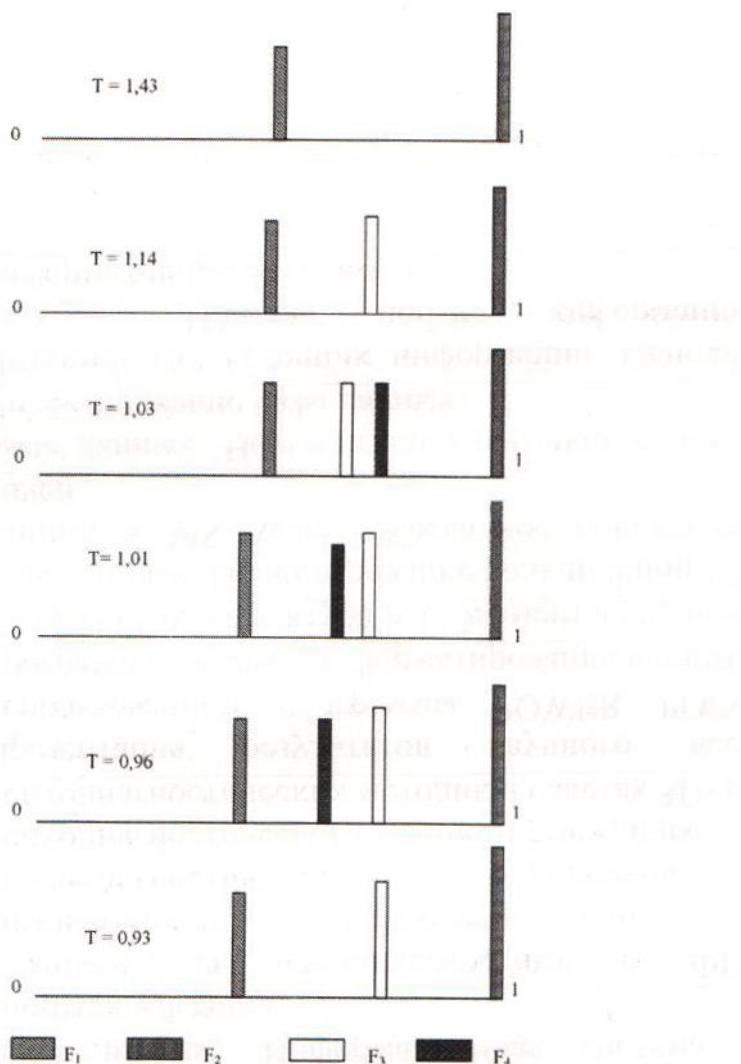


Рис. 4. Ритмический рисунок движения при рывке штанги