

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ  
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАСКЕТБОЛИСТОВ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ СПОРТИВНЫХ И РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ТРЕНИРОВОК**

О.В. Ланская\* ORCID: [0000-0003-0681-9642](https://orcid.org/0000-0003-0681-9642)

Е.В. Ланская\* ORCID: [0000-0001-9137-9826](https://orcid.org/0000-0001-9137-9826)

\*Великолукская государственная академия физической культуры и спорта  
(Псковская обл., г. Великие Луки)

Изучены нейрофизиологические характеристики у 10 юношей, не занимающихся профессиональным спортом, 10 представителей баскетбола с травмами костно-мышечной системы, проходящих курс занятий реабилитационной направленности в условиях учебно-тренировочного процесса, и 12 баскетболистов без травм. Возраст участников исследования – 19–22 года. Проанализированы параметры вызванных моторных ответов мышц бедра и голени (порог, максимальная амплитуда, латентность, время центрального моторного проведения), зарегистрированные в результате магнитной стимуляции двигательных корковых проекций для мышц нижних конечностей, а также спинномозговых структур на уровне позвонков T12–L1. Установлено, что у нетравмированных спортсменов возбудимость корковых нейронов и мотонейронов поясничных спинномозговых сегментов, а также проводящая способность кортикоспинального тракта были значительно выше, чем у лиц, не занимающихся профессиональным спортом, и спортсменов с дисфункциями опорно-двигательного аппарата (до начала реабилитационных тренировок). В результате проведенного курса реабилитационных тренировок (72 занятия в течение 38 тренировочных дней) у травмированных баскетболистов обнаружено существенное повышение уровня кортикоспинальной возбудимости и проводимости – он оказался максимально приближенным к таковому у спортсменов, не имеющих в анамнезе травматических повреждений. Например, при транскраниальной магнитной стимуляции максимальная амплитуда вызванных моторных ответов прямой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы до курса занятий у баскетболистов с травмами была ниже соответственно на 40,6 и 47,1 %, чем у спортсменов без травм ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ), но после курса занятий выявлено ее повышение на 34,5 % ( $p < 0,05$ ) и 37,9 % ( $p < 0,001$ ) по сравнению с исходными значениями. Исследование подтвердило эффективность курса тренировочных занятий реабилитационной направленности с применением педагогических, медико-биологических и психологических средств восстановления и необходимость его использования в условиях учебно-тренировочного процесса, начиная с этапа возобновления тренировок после травм.

**Ключевые слова:** магнитная стимуляция, баскетболисты, спортивные тренировки, реабилитационные тренировки.

---

**Ответственный за переписку:** Ланская Ольга Владимировна, адрес: 182105, Псковская обл., г. Великие Луки, пл. Юбилейная, д. 4; e-mail: lanskaya2012@yandex.ru

**Для цитирования:** Ланская О.В., Ланская Е.В. Анализ изменений нейрофизиологических характеристик баскетболистов под влиянием спортивных и реабилитационных тренировок // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 2. С. 139–148. DOI: 10.37482/2542-1298-Z004

В соответствии с физиологической классификацией движений в спорте (В.С. Фарфеля) [1], спортивные игры, в т. ч. и баскетбол, являются типичными примерами видов спорта, для которых характерно выполнение ситуационных движений в нестандартных условиях, непостоянных ситуациях, с большими вариациями, что обусловлено деятельностью партнеров и противников и обстановкой на площадке в каждый отдельный момент игры. Успешная игровая деятельность в баскетболе определяется в первую очередь текущим функциональным состоянием центральной нервной системы (ЦНС) спортсмена. Высокая подвижность нервных процессов (быстрая смена возбуждения и торможения в нервных центрах) необходима не только для быстрого изменения структуры и темпа движений игроков, но и для соответствующего изменения деятельности ряда функциональных систем, в частности дыхательной и сердечно-сосудистой, которые должны быстро включаться в интенсивную работу и быстро восстанавливаться после ее окончания.

Баскетбол является контактной командной игрой и относится к числу наиболее травматичных видов спорта. По локализации травм опорно-двигательного аппарата (ОДА) у представителей баскетбола значительно выделяются повреждения коленного и голеностопного суставов [2]. Для предупреждения патологических состояний и восстановления функциональных возможностей организма спортсмена после перенесенных травм и заболеваний ОДА в систему многолетней подготовки необходимо включать обязательный структурный компонент – реабилитационно-профилактическое направление, которое учитывает соотношение различных сторон (элементов) реабилитационной тренировки, таких как общая физическая подготовка, специальная подготовка, лечебно-восстановительные мероприятия, общевосстановительные мероприятия. Особенно это актуально на этапе возобновления тренировок после травм.

В настоящее время в нейрофизиологической, спортивной, неврологической, травматолого-ортопедической практике широко применяется метод магнитной стимуляции (МС) различных структур нервной системы. Наша работа выполнена с применением данного метода для анализа изменений в ЦНС при различных функциональных состояниях моторной системы (в результате освоения двигательных навыков, в ответ на повреждения, ассоциированные со спортивной деятельностью, а также в процессе восстановления функций организма спортсменов). Цель исследования заключалась в выявлении отличительных особенностей функционирования моторной зоны коры головного мозга и спинальных систем двигательного контроля: у лиц, не занимающихся профессиональным спортом; у квалифицированных баскетболистов с длительным стажем занятий (от 7 до 12 лет) и разным функциональным статусом ОДА; у спортсменов данной специализации, проходящих курс занятий реабилитационной направленности в реальных условиях учебно-тренировочного процесса после травматических повреждений нижних конечностей. Такое комплексное исследование с применением метода МС проведено впервые.

**Материалы и методы.** Участники исследования – лица мужского пола ( $n = 32$ ) в возрасте 19–22 лет, обучающиеся в ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта» (ВЛГАФК). В их число, помимо 10 человек, не занимающихся профессиональным спортом, вошли квалифицированные баскетболисты (I взрослый разряд), дифференцированные на две группы: в первую ( $n = 12$ ) включены спортсмены, не имеющие в анамнезе травм костно-мышечной системы (ТКМС); вторую группу ( $n = 10$ ) составили баскетболисты, перенесшие травмы коленного и голеностопного суставов (повреждения крестообразных связок (разрыв), менисков, вывихи надколенника, растяжения капсульно-связочного аппарата, надрывы и разрывы боковых связок голеностопного сустава, тендинит ахиллова сухожи-

лия, ахиллобурсит) за 1,5–2 месяца до момента настоящего исследования и прошедшие курсы медицинской и спортивной реабилитации в условиях стационара и поликлиники. Диагнозы были клинически подтверждены конкретными лечащими врачами и в дальнейшем занесены во врачебно-контрольные карты ГУЗ «Великолукский врачебно-физкультурный диспансер», осуществляющий систематические диспансерные наблюдения за состоянием обучающихся в ВЛГАФК. Данные врачебно-контрольных карт позволили нам систематизировать сведения и о состоянии испытуемых, не занимающихся профессиональными видами спорта, но обучающихся в ВЛГАФК, которые по результатам диспансерного наблюдения отнесены к 1-й группе здоровья и на момент проведения исследования не имели каких-либо хронических заболеваний и факторов риска для их возникновения.

Группа баскетболистов с травмами ОДА начиная с этапа возобновления реабилитационных тренировок после травм (через 1,5–2 месяца после перенесенной травмы) проходила курс занятий реабилитационной направленности по методике Н.М. Валева [2], в ходе которых доля специальных упражнений, объем и интенсивность нагрузок постепенно возрастали и приближались к свойственным для общеподготовительного этапа подготовительного периода спортивной тренировки в баскетболе (табл. 1, см. с. 142). Тренировочные занятия проводились в игровом зале учебно-спортивного комплекса ВЛГАФК. Восстановительные мероприятия, включая психорегулирующую тренировку, осуществлялись во внутренировочное время.

При транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) моторной коры мышц правой нижней конечности (прямой мышцы бедра, двуглавой мышцы бедра, камбаловидной мышцы, передней большеберцовой мышцы), которая осуществлялась при помощи магнитного стимулятора Magstim Rapid (Magstim Company Ltd, Великобритания), угловой койл с мощностью магнитного поля 1,4 Тл позиционировали над краниометрической точкой на черепе ver-

tex [3–5]. При МС спинномозговых сегментов на уровне позвонков T12–L1 использовали плоский одинарный койл диаметром 70 мм с мощностью магнитного поля 2,6 Тл [3–5]. Регистрация вызванных моторных ответов (ВМО) тестируемых мышц бедра и голени осуществлялась в положении испытуемых лежа на кушетке и состоянии относительного мышечного покоя. Оценивались следующие параметры ВМО: порог (Тл, %), амплитуда (мВ), латентность (мс), время центрального моторного проведения (ВЦМП, мс). В исследовании участвовали испытуемые-правши, а у обследованных спортсменов с ТКМС травматизация ОДА имела в основном правосторонний характер. В связи с этим ВМО регистрировали с мышц правой нижней конечности. Исследования с применением метода МС проводились в лаборатории нейрофизиологии Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры на базе ВЛГАФК, с информированного согласия участников.

Обработка цифрового материала осуществлялась с применением лицензионного статистического пакета Statistica 10.0. Для каждого изучаемого параметра определяли среднее значение ( $M$ ) и ошибку среднего ( $m$ ). Для статистического сравнительного анализа использовались непараметрические критерии (Манна–Уитни и Вилкоксона) при условии ненормального распределения числовых значений в выборках, определенного с помощью критерия Шапиро–Уилка. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Нейрофизиологическое исследование установило, что при МС структур ЦНС для баскетболистов, не имеющих в анамнезе ТКМС, характерны меньшие значения моторных порогов возбуждения, латентности и ВЦМП, а также бóльшая амплитуда ВМО тестируемых мышц по сравнению с данными травмированных представителей баскетбола, зарегистрированными до начала реабилитационных тренировок (РТ), и показателями лиц, не занимающихся профессиональным спортом.

Таблица 1

СХЕМА РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ТРЕНИРОВОК ДЛЯ БАСКЕТБОЛИСТОВ С ТРАВМАМИ ОДА  
НА АДАПТАЦИОННО-ТРЕНИРОВОЧНОМ ЭТАПЕ (АТЭ) И ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ (ЭНСТ)

Этап	Общее количество дней	Количество тренировочных дней / занятий / часов	Количество дней отдыха	Соотношение видов подготовки и восстановительных мероприятий (% от общего времени тренировки)	Описание реабилитационно-тренировочного процесса
АТЭ (I период)	7	6/10/11	1	ОФП – 35 СП – 15 ЛВМ – 30 ОВМ – 20	Тренировки 1-2-разовые (утром и/или вечером) в среднем по 1 ч 10 мин. Проходили в реальных условиях учебно-тренировочного процесса и носили втягивающий в основную нагрузку этап характер для адаптации функциональных систем организма травмированных спортсменов к постепенно возрастающим ФН
АТЭ (II период)	16	14/26/34	2	ОФП – 40 СП – 20 ЛВМ – 15 ОВМ – 25	Тренировки в основном 2-разовые (утро, вечер) в среднем по 1 ч 30 мин. Занятия постепенно приобретали все более тренировочный характер: 1) предъявлялись нагрузки, направленные на восстановление и развитие сниженных вследствие травматических повреждений ОДА физических качеств; 2) сохранялось реабилитационное направление, которое в основном было направлено на предупреждение осложнений в травмированной конечности в связи с постепенным оптимальным повышением объема и интенсивности ФН, учитывающим состояние занимающихся
ЭНСТ	21	18/36/54	3	ОФП – 25 СП – 35 ЛВМ – 10 ОВМ – 30	Тренировки 2-разовые (утро, вечер) в среднем по 1 ч 50 мин, направлены на совершенствование физических качеств, необходимых в баскетболе, восстановление технико-тактической подготовленности, а также повышение адаптации травмированных структур ОДА к ФН, характер, объем и интенсивность которых приближались к стандартным, характерным для общеподготовительного этапа подготовительного периода спортивной тренировки

Примечание: ОФП – общая физическая подготовка; СП – специальная подготовка; ЛВМ – лечебно-восстановительные мероприятия (физио- и гидропроцедуры, разминочный и восстановительный массаж, сауна, парная баня, бассейн); ОВМ – общевоcстановительные мероприятия; ФН – физические нагрузки; ОДА – опорно-двигательный аппарат.

При этом между двумя последними группами существенных различий в характеристиках ВМО мышц бедра и голени не обнаружено. В табл. 2 и 3 в качестве примера представлены показатели ВМО прямой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы у всех обследованных лиц соответственно при ТМС и МС спинномозговых сегментов. Похожая картина в группах испытуемых наблюдалась и в отношении двуглавой мышцы бедра и камбаловидной мышцы. При этом в ходе занятий реабилитационной направленности у

баскетболистов, перенесших ТКМС, наблюдалось улучшение характеристик ВМО. Особенно это было выражено к моменту окончания этапа начальной спортивной тренировки (ЭНСТ), когда изученные параметры ВМО тестируемых мышц в ряде случаев статистически значимо отличались от данных, зарегистрированных до курса РТ, и от показателей в группе лиц, не занимающихся профессиональным спортом, тогда как статистически значимых отличий от соответствующих величин, характерных для спортсменов без ТКМС,

Таблица 2

**РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ  
У ОБСЛЕДОВАННЫХ ЛИЦ МУЖСКОГО ПОЛА В ВОЗРАСТЕ 19–22 ЛЕТ ( $n = 32$ ),  $M \pm m$**

Параметр ВМО	Баскетболисты без ТКМС	Баскетболисты с ТКМС			Лица, не занимающиеся профессиональным спортом	Уровень значимости различий
		до курса РТ	после курса РТ			
			на АТЭ (II период)	на ЭНСТ		
1	2	3	4	5		
<i>Прямая мышца бедра</i>						
Порог, Тл	0,88±0,03	1,34±0,04	1,29±0,05	1,21±0,05	1,38±0,01	$p_{1-2} < 0,001; p_{1-3} < 0,001;$ $p_{1-4} < 0,01; p_{1-5} < 0,001$
Порог, %	62,50±2,45	95,70±3,05	92,20±3,46	86,40±3,87	98,50±0,77	$p_{1-2} < 0,001; p_{1-3} < 0,001;$ $p_{1-4} < 0,01; p_{1-5} < 0,001$
Амплитуда, мВ	0,32±0,05	0,19±0,02	0,24±0,01	0,29±0,02	0,18±0,01	$p_{1-2} < 0,05; p_{2-4} < 0,05;$ $p_{4-5} < 0,01$
Латентность, мс	23,73±0,59	28,54±0,52	27,87±1,20	25,65±0,94	28,96±0,52	$p_{1-2} < 0,01; p_{1-3} < 0,05;$ $p_{1-5} < 0,001$
<i>Передняя большеберцовая мышца</i>						
Порог, Тл	0,81±0,04	1,34±0,02	1,21±0,04	1,15±0,05	1,39±0,01	$p_{1-2} < 0,001; p_{1-3} < 0,01;$ $p_{1-4} < 0,05; p_{1-5} < 0,001;$ $p_{4-5} < 0,05$
Порог, %	57,50±2,53	95,80±1,63	86,60±2,86	82,20±3,82	99,30±0,56	$p_{1-2} < 0,001; p_{1-3} < 0,01;$ $p_{1-4} < 0,05; p_{1-5} < 0,001;$ $p_{4-5} < 0,05$
Амплитуда, мВ	0,34±0,06	0,18±0,01	0,25±0,01	0,29±0,01	0,16±0,01	$p_{1-2} < 0,01; p_{2-4} < 0,001;$ $p_{1-5} < 0,01; p_{3-5} < 0,01;$ $p_{4-5} < 0,001;$
Латентность, мс	29,40±0,62	32,86±0,72	31,59±0,59	29,99±0,27	33,21±0,71	$p_{1-2} < 0,001; p_{2-4} < 0,01;$ $p_{1-5} < 0,001; p_{4-5} < 0,01$

Таблица 3

**РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПОЯСНИЧНОГО УТОЛЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА НА УРОВНЕ ПОЗВОНКОВ T12-L1 У ОБСЛЕДОВАННЫХ ЛИЦ МУЖСКОГО ПОЛА В ВОЗРАСТЕ 19–22 ЛЕТ ( $n = 32$ ),  $M \pm m$**

Параметр ВМО	Баскетболисты без ТКМС	Баскетболисты с ТКМС			Лица, не занимающиеся профессиональным спортом	Уровень значимости различий
		до курса РТ	после курса РТ			
			на АТЭ (II период)	на ЭНСТ		
1	2	3	4	5		
<i>Прямая мышца бедра</i>						
Порог, Тл	1,35±0,12	2,27±0,05	1,83±0,08	1,44±0,10	2,41±0,04	$p_{1-2} < 0,001$ ; $p_{2-4} < 0,001$ ; $p_{1-5} < 0,001$ ; $p_{3-5} < 0,05$ ; $p_{4-5} < 0,001$
Порог, %	52,08±4,43	87,10±1,79	70,30±2,96	55,50±3,82	92,60±1,43	$p_{1-2} < 0,001$ ; $p_{2-4} < 0,001$ ; $p_{1-5} < 0,001$ ; $p_{3-5} < 0,05$ ; $p_{4-5} < 0,001$
Амплитуда, мВ	0,54±0,18	0,40±0,02	0,48±0,02	0,50±0,02	0,38±0,02	$p_{4-5} < 0,05$
Латентность, мс	7,59±0,51	10,99±0,22	9,55±0,33	8,16±0,31	11,26±0,22	$p_{1-2} < 0,001$ ; $p_{2-4} < 0,001$ ; $p_{1-5} < 0,001$ ; $p_{4-5} < 0,001$
ВЦМП, мс	16,13±0,82	17,56±0,44	18,33±1,09	17,49±0,97	17,70±0,43	$p > 0,05$
<i>Передняя большеберцовая мышца</i>						
Порог, Тл	1,66±0,15	2,34±0,02	2,03±0,12	1,80±0,13	2,35±0,02	$p_{1-2} < 0,01$ ; $p_{2-4} < 0,05$ ; $p_{1-5} < 0,01$ ; $p_{4-5} < 0,01$
Порог, %	63,75±5,83	90,00±0,87	78,10±4,76	69,20±5,18	90,20±0,97	$p_{1-2} < 0,01$ ; $p_{2-4} < 0,05$ ; $p_{1-5} < 0,01$ ; $p_{4-5} < 0,01$
Амплитуда, мВ	0,42±0,10	0,20±0,03	0,28±0,02	0,36±0,01	0,18±0,02	$p_{2-4} < 0,01$ ; $p_{4-5} < 0,001$
Латентность, мс	14,25±0,71	18,90±0,28	17,60±0,37	15,24±0,57	19,08±0,24	$p_{1-2} < 0,001$ ; $p_{1-3} < 0,01$ ; $p_{2-4} < 0,001$ ; $p_{1-5} < 0,001$ ; $p_{4-5} < 0,001$
ВЦМП, мс	15,16±1,19	13,96±0,88	13,99±0,65	14,76±0,53	14,13±0,88	$p > 0,05$

*Примечание.* Параметр ВЦМП вычислялся как разность значений латентности ВМО при ТМС и МС спинного мозга.

в основном не обнаружено (табл. 2 и 3). Например, при ТМС среднegrupповые значения максимальной амплитуды ВМО прямой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы до курса РТ у баскетболистов, перенесших ТКМС, были ниже соответственно на 40,6 и 47,1 %, чем у спортсменов без травм ( $p < 0,05$ ;

$p < 0,01$ ), и при этом статистически значимо не отличались от данных лиц, не занимающихся профессиональным спортом ( $p > 0,05$ ). Однако после прохождения полного курса РТ выявлено статистически значимое повышение максимальной амплитуды по сравнению со значениями до начала курса РТ на 34,5 % ( $p < 0,05$ )

и 37,9 % ( $p < 0,001$ ), а также с данными людей, не ассоциированных с профессиональным спортом (различия составили 61,1 % ( $p < 0,01$ ) и 31,6 % ( $p < 0,05$ )), в результате которого статистически значимых отличий от соответствующих показателей спортсменов без ТКМС в анамнезе не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

**Обсуждение.** Исследование показало более низкие значения порогов и более высокие значения амплитуды ВМО тестируемых мышц у баскетболистов, в анамнезе которых отсутствовали диагностированные повреждения и заболевания опорно-двигательной и других систем организма, по сравнению с таковыми в группе лиц, не занимающихся профессиональным спортом. Это свидетельствует о более высоком уровне возбудимости корковых нейронов и мотонейронов поясничных спинномозговых сегментов, регулирующих нервно-мышечные реакции в области проксимальных и дистальных отделов нижних конечностей, у представителей баскетбола, чем у не спортсменов.

Далее, установлен факт того, что у баскетболистов, не имеющих в анамнезе ТКМС, при МС двигательной коры и на уровне поясничного утолщения спинного мозга значения латентности ВМО мышц бедра и голени, а также ВЦМП были существенно ниже, чем у лиц, не занимающихся профессиональным спортом, что указывает на значительно более высокую проводящую способность кортикоспинального тракта (КСТ) у первых по сравнению со вторыми.

Отметим, что в результате ранее проведенных собственных исследований [5] были получены следующие данные. Среди 5 обследованных групп квалифицированных спортсменов самая высокая возбудимость кортикоспинальных структур, осуществляющих двигательный контроль мышц нижних конечностей, выявлена у легкоатлетов-бегунов на 5 000 м, несколько меньшая – у баскетболистов и легкоатлетов-бегунов на 800 м, а наименьшая – у пауэрлифтеров и бегунов-спринтеров. В свою очередь, более высокая проводимость

структур КСТ обнаружена у спортсменов-силовиков и бегунов на короткие дистанции, несколько меньшая по сравнению с первыми – у баскетболистов и бегунов на средние дистанции, тогда как у легкоатлетов-стайеров проводящая способность КСТ была самой низкой среди всех обследованных спортсменов [5]. Обнаруженные в ходе данных исследований различия в возбудимости и проводимости нейромышечных структур у представителей разных видов спорта мы связываем с особенностями спортивной деятельности, считаем их результатом долговременной двигательной деятельности различной направленности. При этом нами не исключается влияние генетического фактора на пластические перестройки в функционировании центральных и периферических звеньев нейромоторной системы у обследованных спортсменов.

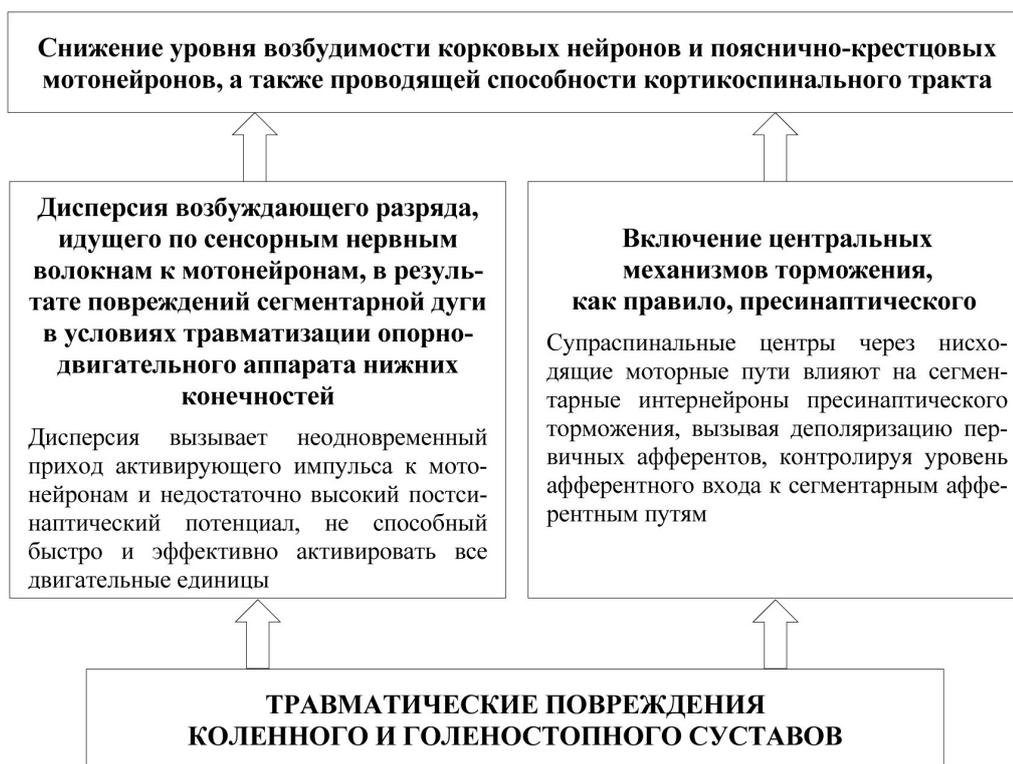
Опираясь на данные других исследователей, представленных в научной литературе, обсудим разные точки зрения на взаимодействие генетических факторов и внешнего влияния окружающей среды, которая в процессе многолетней спортивной подготовки включает тренировочные воздействия, соревновательные нагрузки и необходимые средства восстановления. В частности, широко известен факт, что спортсмены игровых, циклических и силовых видов спорта отличаются характеристиками нервной системы, композицией мышечных волокон, характером энергообеспечения, и эти отличия генетически детерминированы [6, 7]. Однако, наряду с генотипическими исследованиями, все большую распространенность получает изучение возможных нейрональных адаптационных изменений в функционировании двигательной системы спортсменов, вызванных различными видами двигательной деятельности. Мнение о том, что пластичность центральных и периферических звеньев нейромоторной системы может являться результатом адаптации к повышенной активности скелетных мышц в настоящее время разделя-

ется и обсуждается многими исследователями [5, 8–10], в т. ч. и нами.

Обнаруженные в ходе настоящего исследования изменения функций корковых и спинномозговых структур у баскетболистов, имеющих в анамнезе ТКМС, указывают на ослабление возбудимости моторной коры и нейрональных структур спинного мозга, а также ухудшение состояния центральных проводников нервной системы. Механизмы, которые могут в некоторой степени объяснять данный факт, представлены на *рисунке*.

В ходе процесса медико-спортивной реабилитации после травм ОДА, подразделяющегося на этапы медицинской реабилитации (или морфофункциональный), спортивной реабилитации (или АТЭ), спортивной трени-

ровки (или ЭНСТ, или специально-подготовительный), используется комплекс процедур и мероприятий, помогающих спортсменам в короткие сроки восстановить физическое и эмоциональное здоровье, а также спортивную форму. В результате проведенного курса РТ на АТЭ и ЭНСТ, рассчитанного в целом на 72 занятия в течение 38 тренировочных дней (см. *табл. 1*), у баскетболистов, перенесших ТКМС, обнаружено существенное повышение уровня кортикоспинальной возбудимости и проводимости – он оказался максимально приближенным к таковому у спортсменов без травм и значительно выше, чем у лиц, не занимающихся профессиональным спортом. Этот факт указывает на улучшение состояния травмированных спортсменов и эффективность



Возможные механизмы, объясняющие ухудшение количественных и качественных характеристик ВМО мышц бедра и голени у травмированных баскетболистов

использованного комплекса восстановительных мероприятий.

В целом можно резюмировать, что проведенный нейрофизиологический мониторинг является достаточно информативным способом оценки состояния кортикоспинальных

двигательных структур и выявления эффективности спортивных и реабилитационных тренировок для спортсменов с разным функциональным статусом ОДА.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

1. Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. М.: Сов. спорт, 2011. 201 с.
2. Ланская О.В., Сазонова Л.А., Лысов А.Д. Влияние тренировочных занятий реабилитационной направленности на психофизиологические функции спортсменов с травмами костно-мышечной системы // Адаптив. физ. культура. 2020. № 1(81). С. 43–46.
3. Никитин С.С., Куренков А.Л. Магнитная стимуляция в диагностике и лечении болезней нервной системы: рук. для врачей. М.: Сашко, 2003. 378 с.
4. Auriat A.M., Neva J.L., Peters S., Ferris J.K., Boyd L.A. A Review of Transcranial Magnetic Stimulation and Multimodal Neuroimaging to Characterize Post-Stroke Neuroplasticity // *Front. Neurol.* 2015. Vol. 6. Art. № 226.
5. Ланская О.В., Ланская Е.В. Физиологические механизмы пластичности моторной системы при занятиях различными видами спорта // Ульян. мед.-биол. журн. 2018. № 4. С. 73–81.
6. Missitzi J., Gentner R., Geladas N., Politis P., Karandreas N., Classen J., Klissouras V. Plasticity in Human Motor Cortex Is in Part Genetically Determined // *J. Physiol.* 2011. Vol. 589, Pt. 2. P. 297–306.
7. Shin J.C., Nunomiya A., Kitajima Y., Dan T., Miyata T., Nagatomi R. Prolyl Hydroxylase Domain 2 Deficiency Induces Muscle Fiber Type Conversion // 19th Annual Congress of the European College of Sport Science: Book of Abstracts (Amsterdam, 2–5 July 2014). Amsterdam, 2014. P. 82.
8. Фомин Р.Н., Селяев М.В. Нейрональная адаптация кортикоспинальных механизмов управления мышечным сокращением у спортсменов // Физиология человека. 2011. Т. 37, № 6. С. 76–88.
9. Aprigliano F., Martelli D., Micera S., Monaco V. Intersegmental Coordination Elicited by Unexpected Multi-Directional Slipping-Like Perturbations Resembles That Adopted During Steady Locomotion // *J. Neurophysiol.* 2016. Vol. 115. P. 728–740.
10. Пухов А.М., Иванов С.М., Мачуева Е.Н., Михайлова Е.А., Мусеев С.А. Пластичность моторной системы человека под воздействием локальной физической нагрузки // Ульян. мед.-биол. журн. 2017. № 1. С. 114–122.

## References

1. Farfel' V.S. *Upravlenie dvizheniyami v sporte* [Motion Control in Sports]. Moscow, 2011. 201 p.
2. Lanskaya O.V., Sazonova L.A., Lysov A.D. Vliyanie trenirovochnykh zanyatiy reabilitatsionnoy napravlenosti na psikhofiziologicheskie funktsii sportsmenov s travmami kostno-myshechnoy sistemy [The Influence of Training Classes of a Rehabilitation Orientation on the Psychophysiological Functions of Athletes with Injuries of the Musculoskeletal System]. *Adaptivnaya fizicheskaya kul'tura*, 2020, no. 1, pp. 43–46.
3. Nikitin S.S., Kurenkov A.L. *Magnitnaya stimulyatsiya v diagnostike i lechenii bolezney nervnoy sistemy* [Magnetic Stimulation in Diagnosis and Treatment of Neurological Disorders]. Moscow, 2003. 378 p.
4. Auriat A.M., Neva J.L., Peters S., Ferris J.K., Boyd L.A. A Review of Transcranial Magnetic Stimulation and Multimodal Neuroimaging to Characterize Post-Stroke Neuroplasticity. *Front. Neurol.*, 2015, vol. 6. Art. no. 226.
5. Lanskaya O.V., Lanskaya E.V. Fiziologicheskie mekhanizmy plastichnosti motornoy sistemy pri zanyatiyakh razlichnymi vidami sporta [Physiological Mechanisms of Motor System Plasticity While Doing Sports]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*, 2018, no. 4, pp. 73–81.
6. Missitzi J., Gentner R., Geladas N., Politis P., Karandreas N., Classen J., Klissouras V. Plasticity in Human Motor Cortex Is in Part Genetically Determined. *J. Physiol.*, 2011, vol. 589, pt. 2, pp. 297–306.
7. Shin J.C., Nunomiya A., Kitajima Y., Dan T., Miyata T., Nagatomi R. Prolyl Hydroxylase Domain 2 Deficiency Induces Muscle Fiber Type Conversion. *19th Annual Congress of the European College of Sport Science: Book of Abstracts*. Amsterdam, 2014, p. 82.

8. Fomin R.N., Selyaev M.V. Neuronal Adaptation of Corticospinal Mechanisms of Muscle Contraction Regulation in Athletes. *Hum. Physiol.*, 2011, vol. 37, no. 6, pp. 708–718.

9. Aprigliano F., Martelli D., Micera S., Monaco V. Intersegmental Coordination Elicited by Unexpected Multi-Directional Slipping-Like Perturbations Resembles That Adopted During Steady Locomotion. *J. Neurophysiol.*, 2016, vol. 115, no. 2, pp. 728–740.

10. Pukhov A.M., Ivanov S.M., Machueva E.N., Mikhaylova E.A., Moiseev S.A. Plastichnost' motornoy sistemy cheloveka pod vozdeystviem lokal'noy fizicheskoy nagruzki [Human Motor System Plasticity Under Local Physical Load]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*, 2017, no. 1, pp. 114–122.

DOI: 10.37482/2542-1298-Z004

*Ol'ga V. Lanskaya*\* ORCID: [0000-0003-0681-9642](https://orcid.org/0000-0003-0681-9642)

*Elena V. Lanskaya*\* ORCID: [0000-0001-9137-9826](https://orcid.org/0000-0001-9137-9826)

\*Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports  
(Velikiye Luki, Russian Federation)

### ANALYSIS OF CHANGES IN THE NEUROPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BASKETBALL PLAYERS UNDER THE INFLUENCE OF SPORTS AND REHABILITATION TRAINING

We studied the neurophysiological characteristics of 10 young men who are not engaged in professional sports, 10 basketball players with injuries of the musculoskeletal system undergoing rehabilitation in the educational and training process, and 12 basketball players without injuries. The age of the participants was 19–22 years. We analysed the parameters of induced motor responses of the thigh and lower leg muscles (threshold, maximum amplitude, latency, central motor conduction time) registered as a result of magnetic stimulation of motor cortical projections for the lower limb muscles, as well as spinal structures at the level of the T12–L1 vertebrae. It was found that the excitability of cortical neurons and motor neurons of the lumbar spinal segments, as well as corticospinal tract conductivity were significantly higher in uninjured players than in non-athletes and athletes with musculoskeletal dysfunction (prior to the start of rehabilitation training). As a result of the course of rehabilitation training (72 sessions during 38 training days) injured basketball players showed a significant increase in the level of corticospinal excitability and conduction: it was very similar to that of athletes without a history of traumatic injuries. For example, at transcranial magnetic stimulation the maximum amplitude of induced motor responses of the rectus femoris and tibialis anterior in basketball players with injuries was lower by 40.6 and 47.1 % respectively than in athletes without injuries ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$ ) before the course, but after the course the amplitude increased by 34.5 % ( $p < 0.05$ ) and 37.9 % ( $p < 0.001$ ) compared to baseline. The study confirmed the effectiveness of the rehabilitation training course with the use of pedagogical, medical and biological as well as psychological recovery tools and its importance for the training process, starting from the moment of resuming training after injuries.

**Keywords:** *magnetic stimulation, basketball players, sports training, rehabilitation training.*

Поступила 19.09.2019

Принята 21.01.2020

Received 19 September 2019

Accepted 21 January 2020

---

**Corresponding author:** Ol'ga Lanskaya, address: pl. Yubileynaya 4, Velikie Luki, 182105, Pskovskaya obl., Russian Federation; e-mail: lanskaya2012@yandex.ru

**For citation:** Lanskaya O.V., Lanskaya E.V. Analysis of Changes in the Neurophysiological Characteristics of Basketball Players Under the Influence of Sports and Rehabilitation Training. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 139–148. DOI: 10.37482/2542-1298-Z004