

О. В. Ланская, Е. Ю. Андриянова

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОНОСИНАПТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ НА ФОНЕ ОСТЕОХОНДРОЗА ПОЗВОНОЧНИКА И ТРАВМАТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ФУНКЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

ФГБОУ ВПО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»

Заболевания или травматические повреждения опорно-двигательного аппарата (ОДА) представляют собой серьезную медицинскую и социальную проблему, так как они занимают одно из ведущих мест среди причин стойкой нетрудоспособности и инвалидности людей, в том числе активно занимающихся спортивной деятельностью [1–3]. Одним из основных факторов нарушения двигательной функции при различных повреждениях и заболеваниях ОДА является воздействие повреждающего механического фактора. В зависимости от локализации очага может происходить непосредственное разрушение целостности мышечной и нервной тканей или опосредованное изменение трофики вследствие компрессии нервов и сосудов. Современная диагностика располагает большим арсеналом средств и методов, позволяющих получать объективную информацию о функциональном состоянии нервно-мышечной системы. В физиологии движения, спортивной медицине и клинике неврологии и травматологии-ортопедии для контроля двигательной функции используются электрофизиологические исследования [4–7]. Однако возможности электронейромиографической диагностики при различной локализации нарушений опорно-двигательной системы, функциональный прогноз и нейрофизиологические механизмы адаптации и восстановления локомоторной функции до сих пор изучены недостаточно.

Функциональная недостаточность нервно-мышечной системы может быть обусловлена дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника, в том числе остеохондрозом позвоночника, а также заболеваниями или повреждениями крупных суставов, в результате которых страдают и мышцы, имеющие точки прикрепления в области пораженного сустава и являющиеся его стабилизаторами [6]. В свою очередь, остеохондроз с локализацией в пояснично-крестцовом отделе позвоночника часто является причиной пояснично-крестцовой радикулопатии, которая характеризуется компрессионным воздействием на корешки спинномозговых нервов, что сопровождается выраженным болевым синдромом, а также нарушением функционирования соответствующих сегментарных образований, периферических нервов и мышечных групп, что в итоге значительно ограничивает двигательную активность [7, 8]. Наиболее частой локализацией поражения спинномозговых нервов при пояснично-крестцовом остеохондрозе является уровень L_4-S_1 , входящий в состав крестцового нервного сплетения. Таким образом, наиболее поражаемые на фоне рассматриваемого заболевания спинномозговые нервы S_1 , соединяясь с другими нервами пояснично-крестцового сплетения, входят в состав седалищного нерва и его ветвей — большеберцового и малоберцового нерва, которые иннервируют мышцы голени. При дегенеративных поражениях

смешанных периферических нервов двигательные нарушения проявляются в большей степени в нервно-мышечном аппарате дистальных отделов нижних конечностей.

В ранее проведенных исследованиях [9, 10] на примере камбаловидной мышцы при использовании техники регистрации Н-рефлекса было показано, что у больных с выраженной пояснично-крестцовой радикулопатией скорость распространения возбуждения по соответствующей моносинаптической нервной дуге снижается в результате поражения афферентов Ia, а также имеет место снижение рефлекторной возбудимости спинальных α -мотонейронов камбаловидной мышцы. Это указывает на модуляцию моносинаптического рефлекса камбаловидной мышцы у больных с данной патологией. Все вышесказанное позволило предположить, что на фоне изучаемых неврологических расстройств подобные изменения имеют место не только в камбаловидной мышце, но и в других мышцах голени. Этими соображениями объяснялся выбор для данной серии исследований камбаловидных, передних большеберцовых и икроножных мышц левых и правых нижних конечностей.

Одной из острейших проблем современного спорта является непрерывно возрастающий травматизм, в результате которого обесценивается многолетний труд спортсмена. Большие объемы тренировочной и соревновательной деятельности, физические и психические перегрузки предъявляют к организму спортсмена высокие требования и повышают степень риска получения различных травм ОДА [11]. К основным видам травматических повреждений ОДА относят переломы и ушибы костей, ушибы мягких тканей, вывихи суставов, растяжения сумочно-связочного аппарата, которые, в свою очередь, часто приводят к развитию посттравматических расстройств и заболеваний ОДА. Наиболее частыми среди травм ОДА являются повреждения коленного сустава, в частности у представителей такого травмоопасного вида спорта, как баскетбол. К факторам, провоцирующим травматизм, относится и специфика баскетбола, которая состоит в том, что мощные угловые ускорения со сменой направления темпа перемежаются форсированными прыжками. Все это на фоне постоянного контакта с противником создает экстремальную нагрузку на коленный сустав и делает его уязвимым как для острых повреждений, так и для хронических микро- и макротравм. Хроническая травматизация коленного сустава происходит на фоне сформировавшейся субклинической анатомо-функциональной патологии ОДА, является отражением неоптимального двигательного режима спортсмена, вызывает рефлекторные изменения со стороны корковых и спинальных центров регуляции движений и ухудшения во взаимодействии нервного и моторного звеньев рефлекторной дуги двигательных рефлексов мышц нижних конечностей. В результате проведенных исследований рядом авторов, по данным электромиографии, было установлено, что при заболеваниях и повреждениях таких крупных суставов, как тазобедренный или коленный, нервно-мышечные дисфункции локализуются преимущественно в мышцах, выполняющих функцию стабилизатора сустава [6, 12]. Так, в частности, внутрисуставные травматические повреждения коленного сустава сопровождались выраженным снижением функционального состояния четырехглавой мышцы бедра, большеберцовой, малоберцовой и трехглавой мышц голени. При этом также выявлено, что локальные нервно-мышечные нарушения на фоне повреждений коленного сустава носили характер вторичных изменений. В развитии этих процессов ведущую роль играли механизмы, связанные с ответной реакцией на хроническую травматизацию внутрисуставных элементов, и нарушение рефлекторной возбудимости спинальных центров, регулирую-

щих нервно-мышечные реакции в области сустава. Функциональная недостаточность нервно-мышечной системы проявлялась билатеральным характером изменения электрофизиологических параметров [13]. В связи с этим, так же, как и для предыдущей серии исследований, с целью изучения особенностей реализации моносинаптических двигательных рефлексов мышц дистальных отделов нижних конечностей у спортсменов, неоднократно перенесших травматические повреждения коленного сустава, были выбраны билатеральные камбаловидные, передние большеберцовые и медиальные икроножные мышцы.

Организация и методика исследования. Исследования мультисегментарных моносинаптических ответов (MMRs) мышц нижних конечностей проводились в лаборатории нейрофизиологии НИИ проблем спорта и оздоровительной физической культуры на базе ФГБОУ ВПО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», были одобрены комитетом по биоэтике ВЛГАФК и соответствовали Хельсинкской декларации. Было организовано два этапа исследований, в которых приняли участие лица мужского пола в количестве 52 человек. Первоначально было проведено обследование 13 здоровых испытуемых без травматических повреждений и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем, которые не занимаются активно спортивной деятельностью, а также 13 пациентов неврологического отделения НУЗ «Узловая больница на ст. Великие Луки ОАО РЖД» с выраженной пояснично-крестцовой радикулопатией на фоне остеохондроза позвоночника. Их возраст на период проведения исследования составлял в среднем 29 лет (диапазон от 22 до 52 лет). На момент исследования у них отмечались положительные симптомы Ласега, Бехтерева, Нери, Минора, а также сильные боли в спине, иррадиирующие в конечность, парестезии по наружной поверхности бедра. Все пациенты с неврологическими расстройствами были обследованы в первый день поступления в стационар до лечения фармакологическими препаратами и применения других медицинских манипуляций, которые могли повлиять на результаты изучаемых параметров.

Во второй серии исследований приняли участие 26 спортсменов-баскетболистов в возрасте от 19 до 22 лет, имеющих на момент регистрации квалификацию 1-й взрослый разряд и кандидат в мастера спорта. Тринадцать из общего числа обследованных спортсменов ранее перенесли травматические повреждения коленного сустава и прилегающих к нему структур, в частности разрывы передней и задней крестообразной связки, неоднократные повреждения менисков и вывихи надколенника. У большинства спортсменов также были ранее диагностированы и заболевания ОДА с локализацией в коленном суставе. Среди них — бурсит, посттравматический синовит, киста Бейкера, болезнь Осгуд—Шляттера. Обращает на себя внимание, что у спортсменов, перенесших повреждения и (или) заболевания ОДА, периодически возникал болевой синдром в области коленного сустава, особенно в периоды интенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок или после них. В контрольную группу были включены 13 относительно здоровых спортсменов без заболеваний и повреждений ОДА.

Использованная ранее техника регистрации Н-рефлекса (рефлекса Гоффмана) не позволяет изучать параметры этого ответа во множестве мышц. В связи с этим в настоящем исследовании использовалась методика получения мультисегментарных моносинаптических ответов (MMRs), обеспечивающая изучение изменений моносинаптических рефлексов в ряде мышц одновременно [14]. Суть методики мультисегментарного моносинаптического тестирования заключается в том, что с билатеральных мышц

нижних конечностей одновременно регистрируются двигательные ответы, вызванные посредством накожной электрической стимуляции спинного мозга между позвонками T11-T12. Однако в процессе собственных исследований было установлено, что получение MMRs с мышц у больных с пояснично-крестцовой радикулопатией на фоне остеохондроза при стимуляции на указанном уровне возможно не в каждом случае, даже при использовании стимула интенсивностью 80 мА. В свою очередь, электрическая стимуляция корешков афферентных волокон периферических нервов на уровне L1-L2 или L2-L3 всегда сопровождалась регистрацией вызванных ответов при меньшей интенсивности раздражения. При этом в группах спортсменов MMRs всегда регистрировались при стимуляции межпозвонкового промежутка T11-T12.

Биполярные накожные электроды с межэлектродным расстоянием 2 см устанавливались на 6 билатерально расположенных мышцах голени (медиальной головки икроножной, камбаловидной, передней большеберцовой) — на брюшках мышц примерно посередине между верхними и нижними точками прикрепления. Со стороны позвоночника при обследовании пациентов с пояснично-крестцовой радикулопатией катод позиционировали между L1-L2 или L2-L3 позвонками, а у всех других испытуемых — на уровне T11-T12. Два анода располагали билатерально по передней поверхности подвздошных гребней. Регистрировали пороги, латентность рефлекторных двигательных ответов для каждой из исследуемых мышц и максимальную амплитуду MMRs. В процессе исследования испытуемые находились в положении лежа на спине.

Результаты исследований и их обсуждение. Сравнительный анализ показал, что у лиц с выраженной радикулопатией имеет место увеличение латентности MMRs мышц голени по сравнению со здоровыми лицами (табл. 1). Данный факт свидетельствует о снижении скорости прохождения электрического импульса по моносинаптическим нервным дугам мышц, вовлеченных в патологический процесс. Обращает на себя внимание, что степень поражения нервно-мышечного аппарата не зависит от композиции мышц. Снижение скорости распространения нервного импульса по моносинаптической нервной дуге выражено в значительной степени в мышцах с различным соотношением быстрых и медленных двигательных единиц. Установленный механизм поражения аналогичен для дистальных сгибателей и разгибателей голени и стопы на фоне рассматриваемого поражения спинномозговых нервов.

В свою очередь, у квалифицированных баскетболистов, неоднократно перенесших заболевания и травматические повреждения коленного сустава, установлены достоверные отличия ($p < 0,05$; $p < 0,01$) среднегрупповых значений латентного периода MMRs билатеральных медиальных икроножных мышц от соответствующих величин, зарегистрированных у относительно здоровых спортсменов, наряду с незначительными различиями в показателях латентности рефлекторных двигательных ответов билатеральных передних большеберцовых и камбаловидных мышц (табл. 1). Это позволяет предполагать, что в результате неоднократных травматических повреждений коленного сустава и прилегающих к нему структур происходит значительное снижение скорости прохождения электрического импульса по моносинаптическим рефлекторным дугам билатеральных медиальных головок икроножных мышц — сгибателей голени и стопы, которые содержат преимущественно быстрые двигательные единицы.

Таблица 1. Параметры латентного периода MMRs мышц голени в исследованных группах лиц мужского пола (мс), $M \pm t$

Тестируемые мышцы		Пациенты с неврологическими расстройствами и лица без травматических повреждений и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем		Квалифицированные баскетболисты	
		Больные пояснично-крестцовой радикулопатией на фоне остеохондроза, $n = 13$	Здоровые участники-неспортсмены, $n = 13$	Спортсмены, перенесшие травмы и заболевания коленного сустава, $n = 13$	Здоровые спортсмены, $n = 13$
Медиальная икроножная	Левая	21,81±0,66**	18,38±0,63...	16,26±0,82^	13,79±0,68
	Правая	21,91±0,78*	18,55±0,65...	16,50±0,75^^	14,02±0,47
Передняя большеберцовая	Левая	21,63±0,67*	18,95±0,59	18,23±0,55	18,47±0,97
	Правая	21,73±0,78*	19,02±0,64	17,70±0,47	17,32±0,58
Камбаловидная	Левая	22,58±0,64*	20,62±0,56	20,16±0,67	19,85±0,31
	Правая	22,46±0,70*	20,16±0,52	19,57±0,48	20,75±0,53

Примечание: Достоверность отличия параметров в группе больных пояснично-крестцовой радикулопатией от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых лиц, не занимающихся спортом: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$. Достоверность отличия параметров в группе спортсменов с травмами коленного сустава от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых спортсменов: ^ — $p < 0,05$; ^^ — $p < 0,01$. Достоверность отличия параметров в группе лиц, не занимающихся спортом, от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых спортсменов: ... — $p < 0,001$.

Установлено также, что в состоянии мышечного покоя латентный период MMRs билатеральных медиальных икроножных мышц у баскетболистов без нарушений ОДА достоверно отличается от группы здоровых испытуемых, не занимающихся спортом, ($p < 0,05$) (табл. 1). Такие данные позволяют сделать вывод, что на фоне долговременной адаптации к систематической специфической спортивной деятельности и в связи с высокой тренированностью у спортсменов выявлена наибольшая скорость прохождения нервного импульса по моносинаптическим рефлекторным цепям левой и правой медиальных икроножных мышц при электрической накожной стимуляции корешков афферентных волокон периферических нервов на уровне межпозвонкового промежутка T11-T12 по сравнению с мужчинами, ведущими малоактивный образ жизни.

Сравнительный анализ показал, что у лиц с радикулопатией на фоне пояснично-крестцового остеохондроза, а также у спортсменов, перенесших травматические повреждения и заболевания коленного сустава, имеет место достоверно значимое увеличение порога вызванных рефлекторных двигательных ответов всех исследуемых мышц по сравнению с участниками исследования без повреждений и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем и относительно здоровых баскетболистов соответственно (табл. 2). При этом не выявлено существенных различий в порогах появления MMRs всех тестируемых мышц голени у спортсменов без рассматриваемых опорно-двигательных и неврологических расстройств и здоровых баскетболистов (табл. 2). Вероятно, что при радикулопатии на фоне пояснично-крестцового остеохондроза, а также нарушенных функций коленного сустава в связи с неоднократно перенесенными

травматическими повреждениями его структур в большей степени страдают низкопороговые афферентные волокна типа Ia соответствующих периферических нервов дистальных мышц нижних конечностей.

Таблица 2. Параметры порогов MMRs мышц голени в исследованных группах лиц мужского пола (мА), $M \pm m$

Тестируемые мышцы		Пациенты с неврологическими расстройствами и лица без травматических повреждений и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем	Квалифицированные баскетболисты		
		Больные пояснично-крестцовой радикулопатией на фоне остеохондроза, $n = 13$	Здоровые участники-неспортсмены, $n = 13$	Спортсмены, перенесшие травмы и заболевания коленного сустава, $n = 13$	Здоровые спортсмены, $n = 13$
Медиальная икроножная	Левая	48,83±3,75**	35,08±2,99	37,82±2,54^	30,35±1,91
	Правая	45,77±2,40**	33,31±2,99	42,40±4,11^	32,36±2,17
Передняя большеберцовая	Левая	46,77±3,15*	36,15±3,01	42,68±3,34^	33,19±2,49
	Правая	46,77±2,59**	34,49±2,95	48,71±5,55^	35,29±2,99
Камбаловидная	Левая	49,38±3,58**	34,85±3,02	42,94±5,04^	30,44±2,24
	Правая	45,77±2,37**	33,23±2,99	39,86±3,01^	30,91±2,31

Примечание: Достоверность отличия параметров в группе больных пояснично-крестцовой радикулопатией от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых лиц, не занимающихся спортом: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$. Достоверность отличия параметров в группе спортсменов с травмами коленного сустава от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых спортсменов: ^ — $p < 0,05$.

С учетом патогенетических механизмов изучаемых расстройств — компрессионного воздействия на спинномозговые корешки, их ирритации (раздражения) и ишемии, а также перенесенных травматических повреждений коленного сустава с периодическим возникновением боли в колене, одной из возможных причин которой является прямое воздействие на соответствующие нервные волокна и их повреждение после травм, — поражение наиболее низкопороговых афферентов является логически объяснимым фактом. Известно, что самые толстые и чувствительные волокна имеют наибольшее поперечное сечение и высокие метаболические потребности, поэтому при воздействии различными повреждающими факторами они страдают чаще [15, 16, 17].

Максимальная амплитуда MMRs тестируемых мышц голени у лиц с остеохондрозом позвоночника в ряде случаев оказалась в значительной степени снижена по сравнению с показателями неврологически здоровых участников исследования (табл. 3). В частности, среднегрупповая максимальная амплитуда MMR левой камбаловидной мышцы в группе пациентов снижена в среднем на 63,38% ($p < 0,01$), а правой — на 62,32% по сравнению со здоровыми ($p < 0,001$). В свою очередь, у спортсменов с травматическими повреждениями коленного сустава выявлено значительное снижение максимальной амплитуды MMRs билатеральных передних большеберцовых и кам-

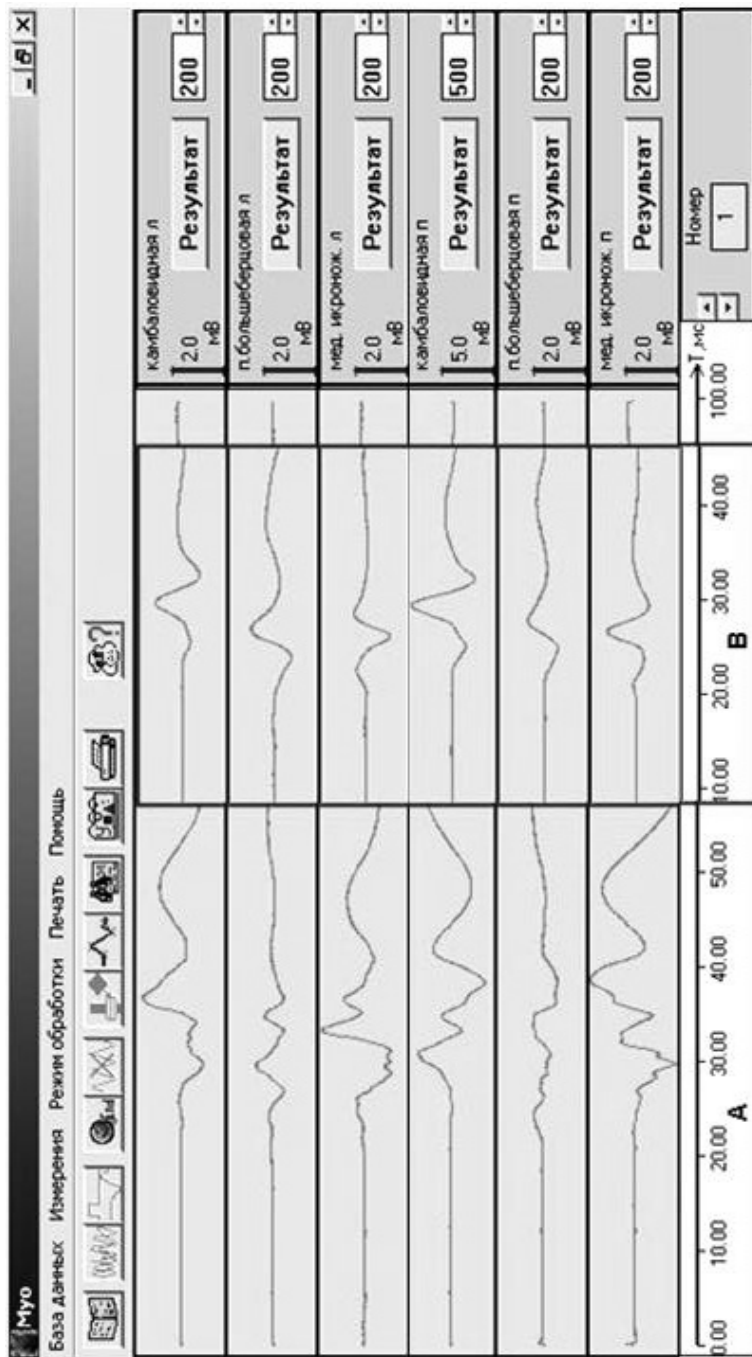
баловидных мышц по сравнению с группой относительно здоровых баскетболистов ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3. Величины максимальной амплитуды MMRs мышц голени в исследованных группах лиц мужского пола (мВ), $M \pm m$

Тестируемые мышцы		Пациенты с неврологическими расстройствами и лица без травматических повреждений и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем	Квалифицированные баскетболисты		
		Больные пояснично-крестцовой радикулопатией на фоне остеохондроза, $n = 13$	Здоровые участники-неспортсмены, $n = 13$	Спортсмены, перенесшие травмы и заболевания коленного сустава, $n = 13$	Здоровые спортсмены, $n = 13$
Медиальная икроножная	Левая	4,23±1,14	6,59±1,13••	2,40±0,34	3,36±0,56
	Правая	4,01±0,75	6,51±1,23•	2,78±0,50	3,78±0,53
Передняя большеберцовая	Левая	2,05±0,56	2,66±0,63•	0,73±0,12^	1,23±0,18
	Правая	1,80±0,49	2,89±0,70•	0,53±0,11^	1,40±0,39
Камбаловидная	Левая	3,08±0,93**	8,41±0,92	4,59±0,81^	7,23±0,58
	Правая	4,80±0,94***	12,74±1,55•••	5,29±0,63^	7,63±0,81

Примечание: Достоверность отличия параметров в группе больных пояснично-крестцовой радикулопатией от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых лиц, не занимающихся спортом: ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$. Достоверность отличия параметров в группе спортсменов с травмами коленного сустава от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых спортсменов: ^ — $p < 0,05$. Достоверность отличия параметров в группе лиц, не занимающихся спортом, от соответствующих величин, зарегистрированных у здоровых спортсменов: • — $p < 0,05$; •• — $p < 0,01$; ••• — $p < 0,001$.

Эти наблюдения позволяют дать характеристику разным механизмам, регулирующим уровень рефлекторной возбудимости мотонейронов, преимущественно церебральным (по амплитуде икроножной) и преимущественно спинальным (по амплитуде камбаловидной). Данные мышцы различны по уровню регуляции — медиальная головка икроножной в большей степени контролируется корой и содержит больше быстрых двигательных единиц, а камбаловидная и передняя большеберцовая в большей степени контролируются спинальным уровнем и содержат больше медленных двигательных единиц. Следовательно, можно сделать вывод, что при компрессионном воздействии на корешки пояснично-крестцовых спинномозговых нервов на фоне остеохондроза, а также в результате травматических повреждений и связанных с ними нарушений функций коленного сустава адаптивные функциональные перестройки, регулирующие рефлекторную возбудимость соответствующих мотонейронов и реализацию элементарных двигательных рефлексов по моносинаптической рефлекторной дуге, разворачиваются в большей степени на сегментарном уровне по сравнению с супраспинальным. Выявленное снижение максимальной амплитуды MMRs билатеральных камбаловидных мышц на фоне пояснично-крестцовой радикулопатии и билатеральных передних большеберцовых и камбаловидных мышц после перенесенных



Оригинальная запись ММР₂ мышц голени у больного пояснично-крестцовой радикулопатией на фоне остеохондроза позвоночника (А) и участника исследования без травматических повреждений и заболеваний опорно-двигательной и нервной систем (В)

травматических повреждений и заболеваний коленного сустава указывает также на снижение рефлекторной возбудимости высокопороговых элементов спинально-мотонейронного пула мышц голени. При этом оно демонстрирует некоторую разницу реагирования дистальных сгибателей и разгибателей стопы на имеющиеся неврологические расстройства наряду с тем фактом, что мышцы-разгибатели и сгибатели одинаково реагируют на имеющиеся у спортсменов нарушения функций коленного сустава и прилегающих к нему структур, о чем свидетельствует часто возникающий у спортсменов болевой синдром, локализованный в этой области.

Сравнительный анализ показал, что параметры максимальной амплитуды рефлекторных двигательных ответов тестируемых мышц голени у здоровых спортсменов-баскетболистов в большинстве случаев оказались значительно ниже соответствующих величин в группе лиц, не занимающихся спортом и не имеющих неврологических и опорно-двигательных нарушений ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) (табл. 3). Полученные данные позволяют установить, что у квалифицированных спортсменов рефлекторная возбудимость высокопороговых спинальных α -мотонейронов мышц голени значительно ниже по сравнению с группой мужчин, не занимающихся спортивной деятельностью.

При исследовании форм рефлекторных двигательных ответов мышц голени у баскетболистов с травматическими повреждениями ОДА не выявлены их отличия от здоровых спортсменов. При этом у пациентов с остеохондрозом пояснично-крестцового отдела позвоночника были установлены их отличительные особенности от неврологически здоровых испытуемых, выраженные в большей протяженности, полифазности и мелкозазубренности форм MMRs исследованных мышц (рисунок). С одной стороны, подобное изменение формы может указывать на дисперсию возбуждающего разряда при прохождении его по поврежденным нервным волокнам, так как неодновременность прихода электрического импульса на концевую пластинку может приводить к пролонгированному (замедленному) выделению медиатора. С другой — наблюдаемое изменение формы ответов может указывать и на повреждение нервно-мышечного синапса, так как истощение запасов медиатора в концевой пластинке и (или) затруднение при его выделении может давать такой эффект. Изменяться форма MMRs может и по причине разницы реагирования поврежденных в различной степени двигательных единиц (мышечных волокон) на выделение медиатора из концевой пластинки.

Литература

1. Мустаева С. Э. Результаты реабилитации при посттравматической нестабильности коленного сустава // Морфологические ведомости. 2002. № 1. С. 79–81.
2. Hootman J. M., Dick R., Agel J. Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports: Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives / J. M. Hootman, R. Dick, J. Agel // J. Athl. Train. 2007. Vol. 42, N 2. P. 311–319.
3. Меркушкина И. В. Оценка эффективности лечения больных с вертеброгенными радикулопатиями // Consilium medicum. 2010. № 2. С. 101–104.
4. Жиляев А. А. Биомеханические и электрофизиологические критерии оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата нижних конечностей: дис. ... д-ра тех. наук. М., 2003. 233 с.
5. Гордеев М. Ю. Длительная прямая эпидуральная электростимуляция спинномозговых корешков в комплексном лечении дискогенных радикуло- и радикуломиелоишемий у больных поясничным остеохондрозом: дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2005. 112 с.

6. Ильясевич И. А., Белоенко Е. Д. Электрофизиологическая диагностика нарушений двигательной функции в клинике травматологии и ортопедии // Медицинские новости. 2006. № 6. С. 93–98.
7. Кузнецова М. П. Прерывистая пневмокомпрессия в сочетании с амплипульстерапией и импульсным магнитным полем в восстановительном лечении больных с обострениями вертеброгенных радикулопатий: дис. ... канд. мед. наук. М., 2009. 106 с.
8. Бойко А. Л., Розоринов Г. Н. Электромиографический контроль воздействия электростимуляции и электростатического поля при лечении остеохондроза пояснично-крестцового отдела позвоночника // Биомедицинские приборы и системы. 2010. № 5. С. 185–188.
9. Андриянова Е. Ю. Электромиографический анализ снижения физической работоспособности у больных пояснично-крестцовым остеохондрозом // Физиология человека. 2006. Т. 32, №1. С. 93–98.
10. Дембовский Д. О. Электронейромиография в диагностике и оценке эффективности лечения поясничного остеохондроза: дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2008. 151 с.
11. Валеев Н. М. Восстановление работоспособности спортсменов после травм опорно-двигательного аппарата. М.: Физическая культура, 2009. 304 с.
12. Белоенко Е. Д., Ильясевич И. А., Скакун П. Г., Сошников Е. В., Кандыбо И. В. Функциональное состояние нервно-мышечной системы верхних конечностей при привычном вывихе плеча // Медицинские новости. 2003. № 11. С. 89–91.
13. Шалатонина О. И., Белоенко Е. Д., Скуратович А. И. Адаптационные и компенсаторные механизмы в биологии и медицине // Материалы 2-й Республ. конф. молодых ученых и специалистов. Гродно, 1977. С. 210–211.
14. Courtine G. Modulation of multisegmental monosynaptic responses in a variety of leg muscles during walking and running in humans / G. Courtine, S. J. Harkema, C. Dy // The Journal of Physiology. 2007. Vol. 582, N 3. P. 1125–1139.
15. Коц Я. М. Организация произвольного движения. М.: Наука, 1975. 248 с.
16. Зенков Л. Р. Функциональная диагностика нервных болезней / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин. 3-е изд., перераб. и доп. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 448 с.
17. Minassian K., Persy I., Rattay F. et al. Posterior root-muscle reflexes elicited by transcutaneous stimulation of the human lumbosacral cord // Muscle Nerve. 2007. Mar. Vol. 35, N 3. P. 327–336.

Статья поступила в редакцию 2 июля 2012 г.