

Введение. Целью настоящей работы явилось выяснение роли мышц нижних конечностей в обеспечении стабильности и моторной функции коленного сустава человека, что обусловлено клиническими и социальными данными о статистике его повреждений и заболеваний. Так, закрытые повреждения менисков и суставных хрящей составляют 33 % от клинических диагнозов, связанных с заболеваниями коленного сустава у детей, а во время занятий спортом (1.2) из 19530 травм на долю коленного сустава приходится 7769 (39,8%). Электромиографические (ЭМГ) исследования мышц бедра и голени проведены у пациентов с травмами и заболеваниями коленного сустава с оценкой параметров произвольной и вызванной биоэлектрической (БА) активности. Выявлены нарушения в деятельности мышц в зависимости от анатомической локализации повреждения, длительности воздействия раздражающего агента или болевого синдрома на внутрисуставные рецепторы.

Материалы и методы. ЭМГ-исследования произвольного напряжения мышц проведены у 20 здоровых человек детско-юношеского возраста и со следующими нарушениями в области коленных суставов: внутрисуставные повреждения менисков (29), патология

пателло-фemorального сустава (24); синовиты коленного сустава вследствие ревматоидных артритов (11).

Методом стимуляционной ЭМГ определили параметры и динамику генерации Н-рефлекса и М-ответа камбаловидной мышцы при стимуляции большеберцового нерва и рефлекторного ответа латеральной и медиальной головки четырехглавой мышцы бедра при стимуляции бедренного нерва.

Аппаратурное обеспечение – нейроусреднитель «Neurosoft».

Полученные количественные данные обработаны методом вариационной статистики по программе Microsoft Excel с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования. У детей с травмами менисков коленного сустава проведено изучение функции мышц как травмированной, так и интактной конечности. Сравнение средней амплитуды БА мышц последней с контрольными данными показало ее снижение от 10 до 13% в поверхностных порциях четырехглавой мышцы бедра и превышение до 13 % амплитуды активности m.biceps femoris интактной конечности. Во всех мышцах бедра на травмированной конечности средняя амплитуда БА была уменьшена как относительно мышц интактной сто-

роны (от 28 до 51%), так и контрольных значений (от 40 до 58%), причем в трех из них изменения были статистически достоверными. Нами проведено электромиографическое исследование мышц обеих голени, выполняющих флексорные и экстензорные движения в голеностопном суставе. Они иннервируются двумя нервами, проходящими в области коленного сустава – большеберцовым (*m. gastrocnemius medialis*, *m. soleus*) и малоберцовым (*m. tibialis anterior*, *m. peroneus longus*, *m. extensor hallucis longus*).

Анализ электромиографических данных мышц голени показал более умеренное (относительно мышц бедра) снижение амплитуды БА на травмированной конечности -21-42% от контроля и на 24 -37% относительно активности мышц интактной голени. Обращает на себя внимание небольшое превышение активности *m. tibialis anterior* (на 4%) и *m. extensor hallucis longus* (на 7%) интактной конечности против контрольных значений так же, как и на одной из мышц бедра, что мы объясняем присутствием в этой группе детей, занимающихся профессиональным спортом и имеющих более развитые мышцы. Параметры частоты БА в отдельных мышцах поврежденной конечности имели отклонения, не превышающие 20-30% без проявления четкой закономерности. Значительное ослабление параметров биоэлектрической активности мышц, которое соответствует дефициту сократительной функции (3.4), является риском развития остеоартрита коленного сустава и требует активной реабилитации. Во время обследования пациентов после хирургического лечения апробирован метод "biofeedback", показана его высокая эффективность и возможность проводить самостоятельный мышечный тренинг после соответствующего обучения под контролем ЭМГ.

При электрической стимуляции большеберцового нерва у пациентов с застарелыми повреждениями менисков зарегистрированы Н-рефлексы и М-ответы камбаловидной мышцы обеих конечностей. Пороговое значение тока рефлекторного ответа в среднем составило $7,4 \pm 1,6$ мА. Данный показатель был в пределах от 2 – 15 мА. При нарастании

раздражающего стимула наблюдалась динамика увеличения амплитуды Н-рефлекса от пороговой величины до максимальной с последующим полным угнетением. Значения латентного периода находились в пределах 27-33 мс и в среднем составили $29,1 \pm 0,6$ мс. Максимальная амплитуда рефлекторного ответа в среднем составила $1,6 \pm 0,2$ мВ, при этом данный показатель колебался в пределах от 3,4 до 8,2 мВ.

Моторный ответ камбаловидной мышцы у подростков на стороне травмы имеет более высокое значение пороговой интенсивности стимула ($9,8 \pm 1,5$ мА) по сравнению с рефлекторным ответом мышц контрлатеральной конечности. Среднее значение латентного периода М-ответа ($4,3 \pm 0,4$ мс) в 6,7 раза меньше аналогичного показателя Н-рефлекса, что свидетельствует о различной протяженности морфологического пути для проведения возбуждения. Амплитуда М-ответа в среднем составила $5,7 \pm 0,5$ мВ, причем в 3,5 раза больше, чем амплитуда рефлекторного ответа.

В качестве обобщенного показателя рассчитывали отношение амплитуды максимального рефлекторного ответа к максимальной амплитуде моторного ответа в процентах. Среднее значение составило $24,4 \pm 3,1$ %, пределы колебания 10,0 – 39,0 %, что ниже, чем в норме и отражает изменения рефлекторной возбудимости мышц голени. В сравнении с показателями по интактной ноге следует отметить, что латенция, длительность и рефлекторного, и мышечного ответов практически не изменились. Значение порога Н-рефлекса на интактной конечности на 20 % выше, а параметры амплитуды на 59 % процентов выше, чем на поврежденной конечности. Отношение Н./М (показатель рефлекторной возбудимости) на контрлатеральной стороне на 48 % выше, чем на поврежденной, но в свою очередь на 15% ниже в сравнении с контрольной группой.

Обменные процессы между суставной полостью и сосудами происходят благодаря всасывающей функции синовиальной оболочки коленного сустава В результате некоторых внутрисуставных заболеваний (рев-

матоидный артрит, серонегативный артрит) нередко развивается асептическое воспаление, которое становится причиной нарушения проницаемости оболочки, обмена веществ между кровью и внутренней средой сустава. Скопившаяся жидкость увеличивает внутрисуставное давление и является постоянным раздражающим агентом для чувствительных рецепторов передних синовиальных структур и капсулы сустава. Патоморфологические изменения синовиальной оболочки при ревматоидных синовитах характеризуются резко выраженной сосочковой или, полипозной гиперплазией ворсин, наложениями фибрина на поверхности интимального слоя, перпендикулярным расположением синовиоцитов по отношению к поверхностным фибринозным наложениям, выраженной пролиферацией синовиоцитов покровного слоя до 10 рядов и более, что создает условия для ее растягивания, раздражения рецепторов, а при изменении суставной позиции – увеличение интраартикулярного давления (результаты исследования Пашкевич Л.А. и Мохаммади М.Т.).

У обследованных нами пациентов с синовитами коленного сустава произвольные напряжения мышц нижних конечностей сопровождалась асимметричным распределением параметров БА со снижением их на доминирующей стороне синовита. В большей степени это относилось к поверхностным головкам *m. quadriceps*, величина дефицита активности, которых находилась в пределах от 10 до 67 %, а у четверых больных наблюдалось снижение амплитуды БА мышц бедра на 80-90 %. В качестве примера приводим данные электромиографического исследования пациентки П.О. с синовитом правого коленного сустава (рисунок). Представленные копии ЭМГ подтверждают изложенную выше картину нейро-мышечной дисфункции – амплитуда БА мышц бедра и голени слева меньше, чем справа. Наиболее выраженное снижение амплитуды и частоты БА наблюдается на ЭМГ широких мышц бедра (30% и 55%), а в мышцах голени асимметрия активности умеренная – от 12 до 30%. Имеется также дефицит рефлекторной возбудимости, так как амплитуда Н-рефлекса камбаловидной

мышцы слева составляет 4,0мВ (ниже нормы), а справа – 7,8мВ, различаются и пороги возникновения Н-рефлекса, которые составляют справа 33мА, слева -53мА, аналогичные изменения рефлекторной возбудимости латеральной широкой мышцы бедра определены и при стимуляции бедренного нерва.

После проведенного лечения параметры БА на стороне синовита значительно увеличились, а асимметрия не превышала 37%. По данным стимуляционной ЭМГ выявлено возрастание центральной рефлекторной и периферической моторной возбудимости камбаловидной мышцы и латеральной широкой мышцы бедра.

При сравнении ЭМГ мышц обнаруживается увеличение амплитуды и частоты БА после проведенного лечения на стороне больного сустава, в то же время следует обратить внимание на некоторое снижение параметров БА мышц интактной конечности, что указывает на развитие процессов утомления вследствие ограничения нагрузки на больную ногу и повышения ее на контрлатеральную

Проведены исследования функционального состояния мышц нижних конечностей методом суммарной и стимуляционной электромиографии у 24 пациентов с синдромом латеральной гиперпрессии (СЛГП) надколенников, среди которых у 9 наблюдалось двусторонняя, а 15 – унilaterальная патология с преобладанием левосторонней. Актуальность данного раздела работы определялась рядом с научным интересом практическими запросами клиники в плане уточнения диагноза и разработки методологии лечения. У пациентов с билатеральным синдромом наблюдалась снижение параметров БА мышц обеих конечностей, но в большей степени на стороне доминирующего болевого синдрома или повторяющейся дислокации надколенника. При унilaterальной патологии экстензорные напряжения *m. quadriceps* сопровождалась асимметричным распределением амплитуд БА со снижением ее на пораженной конечности. Так, ее величина для *m. vastus lateralis* и *m. vastus medialis* составляла 22- 30% в сочетании со снижением частоты более, чем на 20%. Объяснением этих фактов мо-

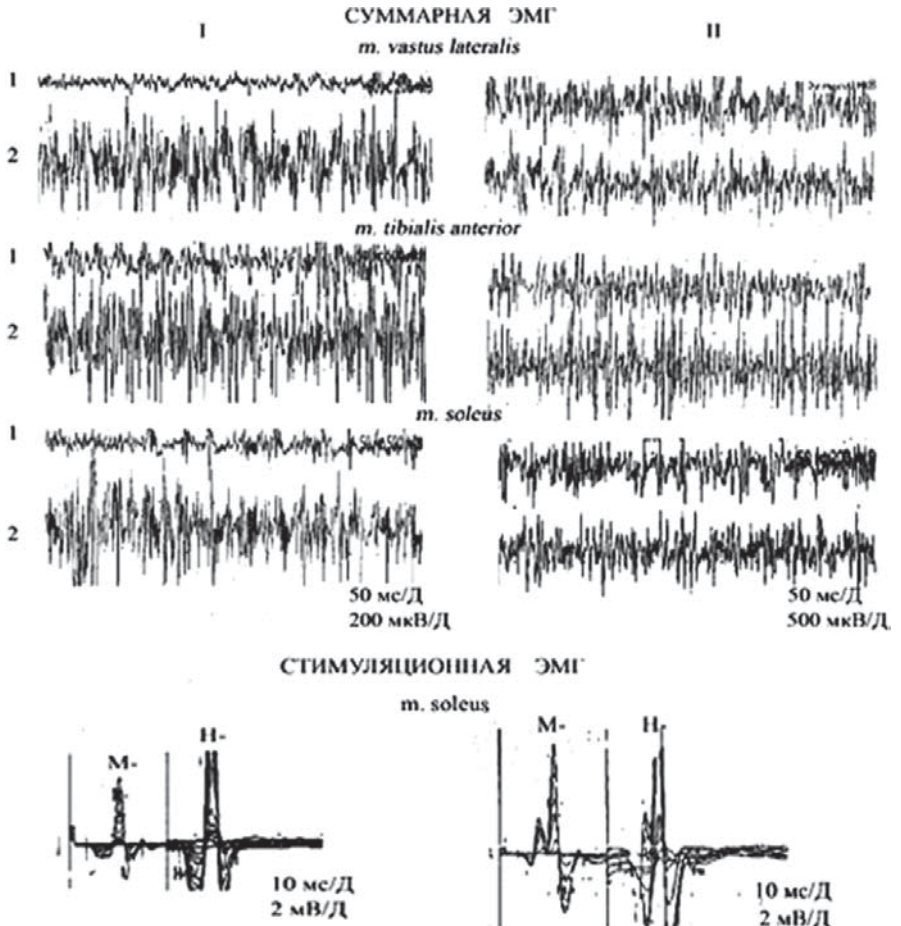
гут служить клинические и анамнестические данные об ограничении моторной активности пациентов, травматизации области коленного сустава, что вызывает гипотрофию части двигательных единиц мышц. В мышцах голени (*m.tibialis anterior*, *m.gastrocnemius*) и двухглавой мышце бедра выявлены 2 типа распределения амплитуд БА – снижение ее на стороне больного сустава у 5 пациентов на 15-20% и, наоборот, более высокая активность обнаружена при анализе аналогичных ЭМГ у 10 человек. Нами проведена оценка соотношения амплитуд БА латеральной и медиальной широких мышц бедра, двухгла-

вой и латеральной широкой мышц бедра, а также мышц голени, выполняющих антагонистические моторные функции в норме и на пораженной конечности.

Отношение амплитуды ЭМГ медиальной широкой мышцы к амплитуде латеральной составляло 0,86 у здоровых лиц в то время, как в мышцах пораженного сустава было ниже (0,75), для двухглавой мышцы бедра и латеральной головки равнялось соответственно -0,84 (N) и 1,3, двухглавой и медиальной широкой – 0,97 (N) и 1,7, для икроножной и латеральной широкой мышцы -0,9 (N) и 1.5, икроножной и медиальной широкой

Рис. Динамика ЭМГ-обследования пациента П. О., 11 лет с синовитом правого коленного сустава

Обозначения:
 I – до лечения;
 II – через 10 месяцев после лечения;
 1 – ЭМГ мышц справа;
 2 – ЭМГ-мышц слева



мышцы-1,1 (N) и 2,0. Это указывает на изменение физиологического баланса между широкими мышцами с преобладанием активности латеральной головки четырехглавой мышцы, двухглавой мышцы бедра и икроножной мышцы голени. Такое соотношение активности латеральной и медиальной порций четырехглавой мышцы бедра и других мышц не является строго стабильным – оно может изменяться после повторных травмах коленного сустава, хирургического лечения и в процессе реабилитации. Наблюдаемая более высокая активность латеральной широкой и икроножной мышцы на стороне СЛГП позволяет предположить возможность участия их в избыточном гомолатеральном натяжении надколенника.

Заключение. Как известно, координация деятельности мышц в области прилегающих к коленному суставу сегментов (бедро, голень) осуществляется на основании сенсорной информации от механорецепторов, расположенных в капсуле сустава, синовиальной оболочке, менисках и в других связанных с ними структурах. Совокупность нейроинформации этих образований на основе «биологической обратной связи» с ЦНС обеспечивает стабильность сустава и сбалансированность работы мышц-сгибателей и разгибателей (5). Хронические микротравмы коленного сустава при повышенных нагрузках или острое одномоментное повреждение приводит к раздражению внутрисуставных рецепторов, нарушению принципа «биологической обратной связи», в результате чего рефлекторно изменяется деятельность мышц. В проведенной нами работе это проявилось снижением амплитуды и частоты БА произвольного напряжения мышц бедра и голени. Более значительный дефицит активности дистального сегмента обусловлен тем, что расположенные здесь мышцы, иннервируются большеберцовым и малоберцовым нервами, лежащими относительно поверхностно, медиально и латерально от коленного сустава. При повреждении сустава происходит контузия, distraction, а возможно и ишемия этих нервов.

На основании данных стимуляционной ЭМГ выявлены изменения возбудимости в дуге моносинаптического рефлекса, как в моторном, так и сенсорном его звене. Временные параметры (латенция, длительность) остаются стабильными, пороги возникновения М-ответов, Н-рефлексов возрастают, амплитудные параметры снижаются, что позволяет отмечать развитие не только местных посттравматических нарушений, но и изменение функционирования -мотонейронов СМ. Степень нарушения функции мышц связана с обширностью зоны вовлечения суставных рецепторов и возрастает с давностью заболевания или травмы. Указанные дисфункции нервно-мышечного аппарата проявляются на обеих конечностях с доминированием на симптоматической, патологической афферентации конвергирует на спинальных и супраспинальных нервных структурах первоначально по типу защитных рефлексов и представляют собой начальную адаптацию к повреждению сустава. Быстро развивающаяся гипотрофия мышц особенно экстензоров требует значительного времени для восстановления и выработки функционального стереотипа движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ingram J.G. Epidemiology of knee Injuries among Boys and Girls in US High School Athletics. *Am.J.Sports Med.*, 2008.Vol. 36, № 6. P. 1116-1122.
2. Majewski, M., Susanne, H. & Klaus, S. Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. *The Knee*, 2006, №13. P. 184-188.
3. Kellis E., Katis A. Quantification of functional knee flexor to extensor moment using isokinetics and electromyography. *J. Athl. Train* 2007, 42 (4): 477-485
4. Mesfar W., Shirazi-Adl A. Biomechanics of the knee joint in flexion under various quadriceps forces. *The Knee*, 2005. №12. P. 424-434
5. Solomonow M, Krogsgaard M. Sensorimotor control of knee stability. *Scandinavian journal of Medicine and Science in Sport*. 2001, №11 (2). P. 64-80.