

УДК: 616.728.3-002-036.82/85

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С ОСТЕОАРТРОЗОМ КОЛЕННОГО СУСТАВА**П.Г. Скакун, к.м.н.; О.И. Шалатонина, д.б.н., профессор; И.В. Кандыбо; А.И. Юзефович**

ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии»

Проведено исследование функционального состояния нервно-мышечного аппарата и периферического кровообращения у больных деформирующим артрозом коленных суставов на основании применения электромиографических, реовазографических и ультразвуковых методов. Показано положительное влияние упражнений ЛФК на восстановление двигательной функции.

Ключевые слова: электромиография, триплексное сканирование, эндопротезирование коленного сустава, деформирующий остеоартроз.

A comparative evaluation of functional status of the system of the lower limbs muscles in the 189 patients with knee joint osteoarthritis was performed using the electromyography and triplex ultrasonography methods. The authors have come to the conclusion that rehabilitation with exercises after knee arthroplasty is to obtain the best outcome in all patients.

Key words: electromyography, triplex ultrasonography, osteoarthritis, total knee replacement.

Деформирующий остеоартроз (ДОА) коленного сустава является распространенным заболеванием, основным симптомом которого является боль, ограничение двигательной функции и опороспособности конечности, существенно ухудшающих качество жизни этих пациентов. При начальных стадиях заболевания (I-II) применяется медикаментозная терапия в сочетании с физиотерапевтическими методами лечения, которые не всегда останавливают этот процесс, с течением времени остеоартроз прогрессирует и переходит в III-IV стадию, принося еще большие страдания. В нормальных условиях и при оптимальных физиологических нагрузках давление равномерно распределяется по всей поверхности суставного хряща коленного сустава и хрящ почти не изнашивается. В условиях дисконгруэнтности на нагружаемых участках суставных поверхностей наблюдаются деструктивно-дегенеративные изменения. Остеоартроз может быть инициирован множеством факторов, таких, как генетические, эволюционные, метаболические и травматические, проявляясь морфологическими, биохимическими, молекулярными, физиологическими и биомеханическими изменениями костно-хрящевых и мягкотканых структур коленного сустава. Для клинической картины остеоартроза III-IV стадии характерны артралгия, болезненность в сегментах конечностей, ограничение движений, крепитация, выпот в суставной полости, воспалительный процесс разной степени выраженности без системных проявлений [1]. Современным наиболее эффективным методом купирования боли при тяжелых формах заболевания, создания биомеханических условий для восстановления движений в коленном суставе является частичная или полная замена его искусственным имплантатом, который вошел в клиническую практику с 1950 г. В работах [4, 5, 6, 7] по изучению ожидаемых исходов лечения после эндопротезирования через 5 лет и более показано, что 80% пациентов удовлетворены функциональными результатами, а у 20% пациентов имелись причины считать результаты слабо удовлетворительными, что обосновывает проведение более расширенных исследований этой проблемы.

В 2009 году в клинике РНПЦ травматологии и ортопедии выполнено 189 операций первичного тотального эндопротезирования (ТЭКС) больных с деформирующим остеоартрозом коленных суставов III-IV степени в возрасте от 23 до 81 года, среди которых преобладали женщины. Основной патологией, приведшей к необходимости выполнения ТЭКС, был ревматоидный артрит, посттравматический гонартроз, идиопатический гонартроз. Все операции ТЭКС выполнялись в условиях значительной деструкции суставов, сочетающихся в ряде

случаев с наличием выраженных осевых нарушений и связочного дисбаланса. Выбор имплантата был обусловлен величиной нарушения оси и функции конечности. В случае варусного (до 25°) или вальгусного (до 20°) отклонения голени применяли несцепленные модели, в случае более выраженных деформаций – сцепленные. Использовались имплантаты: «Osteonics SCORPIO CR» (Stryker Corp., USA), W.Link (Endo model), Biomed (UK)

Материалы и методы исследования

Большую роль в стабилизации коленного сустава играют прилегающие мышцы, каждая из которых непосредственно или косвенно приводит его в движение в одном направлении и ограничивает в другом. Четырехглавая мышца бедра является основным разгибателем голени в коленном суставе, играет важную роль в его стабилизации и распределении нагрузки. К сгибателям голени в коленном суставе относятся двухглавая, полуперепончатая и полусухожильная мышцы бедра. В нормальных физиологических и биомеханических условиях деятельность синергичных и антагонистически сопряженных мышц бедра строго скоординирована [8].

Нами использован метод суммарной электромиографии (ЭМГ) при обследовании больных с ДОА коленного сустава III-IV степени. Применяли биполярное отведение биоэлектрической активности (БА) мышц бедра (*m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus*) и мышц голени (*m. tibialis anterior*, *m. extensor hallucis longus*, *m. peroneus longus*, *m. gastrocnemius medialis*, *m. soleus*). Анализировали структуру ЭМГ, амплитуду БА и частоту осцилляций. Тестирующими нагрузками при оценке эффективности реабилитационных упражнений являлось состояние относительного физиологического покоя, произвольного максимального напряжения или движения. Методом стимуляционной ЭМГ изучали эфферентную возбудимость мышц и рефлекторную возбудимость α -мотонейронов спинного мозга (СМ). При этом раздражали большеберцовый нерв одиночными прямоугольными импульсами и регистрировали Н-рефлекс и М-ответ *m. soleus*, также аналогичные ответы при стимуляции *n. femoralis*.

Выполнено реографическое исследование и триплексное сканирование (ультразвуковая доплерография, В-режим, ЦДК-режим) магистральных артерий и вен у 122 пациентов. Регистрировали реограммы бедра, коленного сустава, голени и стопы в покое. Анализировали пульсовую прирост крови (DV, мл), объемную скорость кровотока (Q, мл/100см³/мин), диастолический (ДКИ, %) и диастолический (ДСИ, %) индексы. Исследовали *a. a.* и *v. v. femorales*, *femoris superficiales*, *profunda femoris*, *poplitea*,

tibiales posteriores. Определяли среднюю скорость кровотока (V_{cp} , см/мин), кровяной поток (КП, л/мин), диаметр сосуда (см).

Аппаратурное обеспечение: нейроусреднитель Нейрософт (Россия), реограф «Рео-Спектр-3» (Россия), компьютер Samsung, ультразвуковой сканер «EN VISOR» (PHILIPS), линейный датчик 5-12 МГц. Контрольная группа: пациенты с I и II степенью ДОА (14 человек).

Степень дегенеративных изменений в костных структурах сустава определялась с помощью рентгенологического исследования и общеизвестных критериев, а также дополнялась данными ультразвуковой диагностики состояния мягкотканых образований [3]

Результаты и их обсуждение

Эндопротезирование коленного сустава – это реконструктивное хирургическое вмешательство, заключающееся в замещении патологически измененных сочленяющихся поверхностей бедренной и большеберцовой кости (в некоторых случаях надколенника) на искусственные, с целью уменьшения или ликвидации интенсивности болевого синдрома, восстановления подвижности в коленном суставе и опороспособности нижней конечности. Если имеется выраженное нарушение соотношения осей конечности в предоперационном периоде, недостаточность капсульно-связочных структур коленного сустава, нервно-мышечного аппарата, выраженных сосудистых нарушений, то после первичного эндопротезирования, особенно с использованием несвязанных эндопротезов, возрастает риск нестабильности коленного сустава после операции. В этих случаях решающее значение приобретает разработка хирургической тактики и эффективность последующей реабилитации.

По рентгенологическим характеристикам обследуемые больные относились к III-IV степени поражения суставов деформирующим артрозом, после операции это было подтверждено морфологическими данными [2].

Исследование функции нервно-мышечного аппарата показало, что у больных (ДОА) при сравнении с контрольными значениями наблюдалось достоверное снижение амплитуд БА на интактной и поражённой стороне, более выраженное на последней. При этом асимметрии БА мышц пациентов в возрасте 40-50 лет составляли от 22 до 55%, а у лиц более старшего возраста (51-80 лет) она возрастала до 70%. Одновременно определялось и изменение структуры ЭМГ на более поражённой стороне – потенциалы были редкими или с элементами полифазии.

Сопоставление указанных параметров на ЭМГ *m. quadriceps* показало, что медиальная порция подвержена более резким изменениям. Отличия амплитуд БА флексоров – *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus* на поражённой и интактной стороне, а также по сравнению с контрольными данными, были относительно умеренными и составляли 25-30%. При анализе данных стимуляционной ЭМГ обнаружено, что величины амплитуд Н-рефлексов и М-ответов камбаловидной мышцы у больных с относительно умеренным функциональным статусом составляли, соответственно, 1,1-5,0 мВ и 1,1-8,4 мВ, среднее значение отношений Н/М (показатель рефлекторной возбудимости) находился в границах контрольных значений (58%). При более выраженных дегенеративных и функциональных изменениях амплитуды Н-рефлексов не превышали 4,4 мВ, а М-ответов – 6,0 мВ, отношение Н/М составляло в среднем $44 \pm 0,8\%$ (в норме – более 50%).

По данным РВГ и УЗДГ исследований в дооперационном периоде у пациентов с ДОА параллельно со снижением двигательной активности мышц отмечалось снижение уровня кровенаполнения нижних конечностей. На стороне предполагаемой операции выявлен незначительный спазм *a. femoralis* и расширение *a. tibialis posterior*,

а на обеих нижних конечностях выраженный функциональный спазм крупных, средних и мелких артерий в области бедер и умеренный в области коленных суставов, голени и стопы.

При исследовании активности мышц бедра и голени у 20 пациентов в ближайшем послеоперационном периоде (10-14 дней) обнаружено, что у 14 из них в мышцах бедра оперированной конечности БА была угнетена до 80-85% и не могла отвечать обеспечению разгибательной функции, а у 6 наблюдалось увеличение на 10-15% амплитуды БА *m. biceps femoris* и *m. semitendinosus* по сравнению с исходными данными. В мышцах голени у 11 пациентов величина ЭМГ не изменилась, а у 8 увеличилась на 20-30%. Параметры рефлекторной и моторной возбудимости камбаловидной и медиальной широкой мышцы (при стимуляции бедренного нерва) снижались на 28-35% относительно исходных, а у 4 больных рефлекторные ответы не наблюдались на оперированной конечности и были снижены на интактной. Эти физиологические наблюдения показывают, что оперативное вмешательство сопровождается в ближайшем послеоперационном периоде резким снижением активности мышц бедра, осуществляющих стабилизирующую и разгибательную функцию, особенно у пациентов с выраженным дефицитом нейромоторной функции до операции (на 50-70%). С одной стороны это можно объяснить тем, что гипотрофия мышц бедра была значительной, с другой – отражением реакции сенсомоторных структур на хирургическое воздействие и дислокацию рецепторной зоны. У пациентов с умеренным дефицитом мышечной функции до операции (снижение до 40%) наблюдалось относительно небольшое падение или даже увеличение амплитуд БА после операции. Различное по интенсивности и направлению изменение параметров БА экстензоров и флексоров является следствием раздражения проприорецепторов области сустава патологическим процессом и усиления его во время операции, что запускает защитный механизм в виде гиперактивности сгибателей.

По данным УЗДГ, по сравнению с дооперационным периодом, через 10-14 дней после операции диаметр *a. femoralis*, *a. poplitea* и *a. tibialis posterior* уменьшился, в большей степени на стороне протезирования (*a. femoralis* – 2%, *a. poplitea* – 7%, *a. tibialis posterior* – 12%). Уровень кровяного потока увеличился на стороне операции до 70% ($p \leq 0,05$), на интактной – до 20%. По магистральным венам определялось замедление венозного оттока в *vv. tibiales posterior* и *vv. poplitea*, более выраженное на оперированной конечности. По данным РВГ, у большинства пациентов в области бедра и стопы и оперированной конечности отмечали понижение параметров объемного кровотока в среднем на 20%, тогда как в области коленного сустава и голени ΔV и Q повысились, но не достигли нормативных значений.

Нами проведены ЭМГ исследования, позволяющие идентифицировать степень участия мышц в отдельных упражнениях и возможное развитие мышечного утомления. Были протестированы экстензорные упражнения (*m. vastus lateralis* и *m. vastus medialis*). Пациенты, находясь в положении «лежа на спине», выполняли максимальное произвольное разгибание в коленном суставе. После объяснения задания и обучения выполнению упражнения по методу «биологической обратной связи», производилась регистрация БА при 1-м, 5-м и 10-м сокращении латеральной и медиальной широких мышц бедра на стороне гонартроза. При сравнении параметров ЭМГ обнаружено, что после 5 произвольных напряжений амплитуда биоэлектрической активности *m. vastus lateralis* увеличилась на 22%, частота осцилляций – на 60%, а на *m. vastus medialis*, соответственно, – на 16% и 36%. После окончания тренировочного сета показатели

БА сравнивали с исходными данными. Наблюдалось умеренное снижение амплитуды БА на обеих мышцах до 8%, а частоты БА – до 15%, что можно рассматривать как начало мышечного утомления. Сопоставление же амплитуды и частоты активности исследуемых мышц с исходными данными показало более высокие их значения, что подтверждало их тренировочный эффект (рис. 1) и может быть рекомендовано для использования в программе подготовки пациентов к операции.

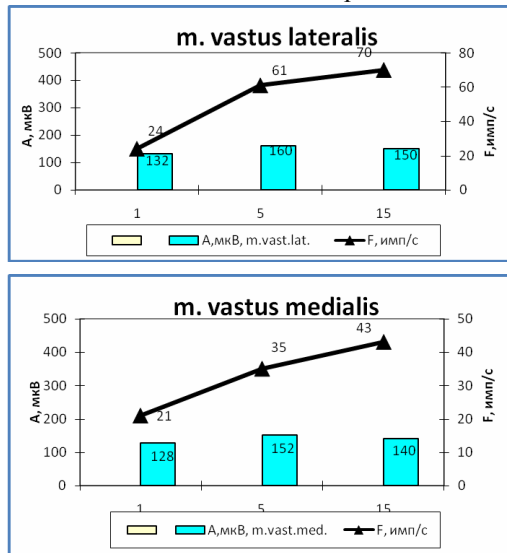


Рисунок 1 – Изменение амплитуды (А, мкВ) и частоты (F, имп/с) биоэлектрической активности мышц бедра при произвольных экстензорных напряжениях (1, 5, 15 раз). Пациент В.Е.Д., 59 лет, с диагнозом: правосторонний гонартроз III-IV степени

Во время обследования пациентов в период 10-14 дней после ТЭКС были обнаружены сложности в осуществлении произвольного экстензорного напряжения мышц и разгибания голени в коленном суставе, вследствие отёка и болевых ощущений на стороне операции. Принимая во внимание то, что четырёхглавая мышца бедра может активизироваться произвольно изометрически и при упражнении «поднятие прямой ноги», мы провели сравнение параметров ЭМГ при этих 2-х тестах. Прежде всего, отметим факт более комфортного и менее болезненного ощущения при выполнении второго упражнения и более высокую амплитуду активности на ЭМГ *m. vastus lateralis*, *vastus medialis* (на 24%, 20%) в сочетании с возрастанием частоты БА, соответственно, в 4 и 3 раза. Обучение пациентов правильному выполнению экстензорных и флексорных напряжений мышц также проводилось под ЭМГ контролем по принципу «биологической обратной связи». На основании полученных результатов нами предложен следующий режим тренинга мышечной активности и функции коленного сустава.

При подготовке к операции пациенты (после предварительного обучения) выполняют экстензорные произвольные изометрические напряжения широких мышц бедра по 5-15 сокращений каждый час дневного периода. В случае ограничения произвольного разгибания в коленном суставе или болевого синдрома тренинг осуществлялся посредством упражнения «поднятия прямой ноги» до уровня угла 40°-45° в том же режиме.

После операции ТЭКС в течение первых 10-14 дней активные произвольные напряжения мышц бедра ограничены. В связи с этим больные производят пассивные флексорно-экстензорные движения с помощью аппарата «Autoflex» в сочетании с синхронным произвольным умеренным (до 30-40%) напряжением мышц, что способствует интеграции их с новым биомеханическим статусом коленного сустава.

Через 2 недели после начальной реабилитации мышечной и суставной функции в клинике пациенты продолжают её в специализированном реабилитационном центре в течение 2 недель. Далее тренинг проводится в домашних условиях. Так, в первые 2-4 недели домашнего пребывания 1-й или 2-й тип упражнений выполняется с нагрузкой до 50% от максимального в количестве 10-15, с повторением 4 раза в день, а с 5 по 10 неделю интенсивность может увеличиваться до 70-80% от максимального в том же количестве и в сочетании с адаптацией к нормальному типу ходьбы. Контрольное ЭМГ исследование осуществляли через 3-4 месяца, при этом выявили увеличение функциональной активности латеральной широкой и двухглавой мышцы бедра на 40%, медиальной широкой – на 35% и прямой мышцы бедра – на 20% относительно первоначального послеоперационного времени обследования. На основании его результатов корректировали нагрузку и режим дальнейшей реабилитации.

В период 1-2-3-4 месяца после операции, по данным РВГ, по сравнению с дооперационным уровнем отмечалось снижение объёмного кровотока на оперированной конечности в среднем до 26%. По данным УЗДГ, значения Vcr и КП бедренных и подколенной артерий на стороне операции превышали аналогичные значения на интактной стороне (до 50%). Кровенаполнение оперированной конечности по *a. tibialis posterior* было снижено, что свидетельствовало о функциональном спазме. Качественные и количественные УЗДГ показатели по магистральным венам свидетельствовали о несоответствии венозного оттока повышенному притоку на оперированной конечности вследствие функционального спазма в период 1-2 месяца и его облегчения в период 3-4 месяца после ТЭКС.

Таким образом, имплантация искусственного коленного сустава у больных с тяжелыми гонартрозами первоначально избавляет пациентов от выраженного болевого синдрома и создает условия для восстановления двигательной функции на основе динамических клинико-физиологических оценок состояния периферического кровообращения и нервно-мышечной активности.

Литература

1. Корж, А.А. Диагностика и консервативное лечение заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы/ А.А. Корж, В.П. Черных, В.А. Филиппенко// Остеопороз. Справочник. – Харьков: «Основа», 1997. – 88 с.
2. Пашкевич, Л.А. Состояние нервно-мышечной и костно-хрящевых структур при имплантации искусственных коленных суставов/Л.А.Пашкевич, О.И. Шалатонина, П.Г.Скаун// Развитие травматологии и ортопедии в Республике Беларусь на современном этапе: материалы VIII съезда травматологов-ортопедов Республики Беларусь. – Минск, 2008. – С. 322-325.
3. Степура, Л.И. Возможности ультразвуковой диагностики в оценке дегенеративных изменений в коленном суставе/ Л.И.Степура, С.Б.Борейко, Е.В.Левченко// Развитие травматологии и ортопедии в Республике Беларусь на современном этапе: материалы VIII съезда травматологов-ортопедов Республики Беларусь. – Минск, 2008. – С. 130-131.
4. Chen, B. Continuous passive motion after total knee arthroplasty: a prospective study/ B. Chen, J.R. Zimmerman, L. Soulen //Am. J. Med. Rehabil. – 2000. – Vol. 79 – P. 421-426.
5. Crowe, J. Pre-arthroplasty rehabilitation is effective in reducing hospital stay/ J. Crowe, J. Henderson // Can. J. Occup. Ther. – 2003. – Vol. 70. – P. 88-96.
6. Erler, K. 5-years follow-up study of total knee arthroplasty by means of EMG-mapping/ K. Erler, U. Neumann // Orhop. Ihre. Grenzdeb. – 2003. – Vol. 141. – P. 48-53.
7. Hurley, M.V. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis/ M.V. Hurley // Annals of the Rheumatic Diseases. –1997. – Vol.56 – P. 641-648.
8. Mesfar, W. Biomechanics of the knee joint in flexion under various quadriceps forces/ W/ Mesfar, A .Shirari // The Knee. – 2005. – № 12. – P. 424-434.

Поступила 12.03.10