УДК: 615.825/617.58-77

БИОМЕХАНИКА И РЕАБИЛИТАЦИЯ ПРИ КОНТРАКТУРЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ: ВЛИЯНИЕ НА ФУНКЦИЮ И ПОХОДКУ

Саттарова Д.Б.
Республиканский научно-практический центр спортивной медицины, г. Ташкент, Узбекистан.

TOTAL ENDOPROTEZLASHDAN KEYINGI TIZZA BO‘G‘IMI KONTRAKTURASIDA BIOMEXANIKA VA REABILITATSIYA: FUNKSIYA VA YURISHGA TA’SIRI

Sattarova D.B.
Respublika sport tibbiyoti ilmiy-amaliy markazi, Toshkent sh., O‘zbekiston.

BIOMECHANICS AND REHABILITATION IN KNEE JOINT CONTRACTURE AFTER TOTAL ARTHROTHESIS: INFLUENCE ON FUNCTION AND GAIT

Sattarova D.B.
Republican Scientific and Practical Center for Sports Medicine, Tashkent, Uzbekistan.

Аннотация. *В представленной статье рассмотрены вопросы биомеханики и реабилитации при контрактуре коленного сустава, развившейся после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС). Актуализирована проблема послеоперационных контрактур: их распространенность, влияние на функцию конечности, походку и качество жизни пациентов. Описана цель и задачи исследования, направленного на оценку эффективности авторской реабилитационной методики, включающей лечебную физкультуру, кинезиотерапию, биомеханический контроль и функциональное тестирование, для восстановления движений в колене и улучшения походки. Приведены материалы и методы гипотетического клинического исследования с участием пациентов после ТЭКС с контрактурой, разделенных на контрольную и экспериментальную группы. Представлены ключевые элементы разработанной методики реабилитации и критерии оценки – углы сгибания/разгибания в колене, параметры походки, функциональные тесты.*

Ключевые слова: *контрактура коленного сустава; тотальное эндопротезирование коленного сустава; реабилитация; биомеханика; походка; функциональное восстановление.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada total tizza jarrohligi (total tizza bo‘g‘imi endoprotezlash) dan so‘ng kelib chiqadigan tizza bo‘g‘imi kontrakturasida biomexanika va reabilitatsiya masalalari ko‘rib chiqilgan. Amaliyotdan keyingi kontrakturalarning dolzarbligi, ularning tarqalishi, harakat funksiyasi, yurish va bemorlarning hayot sifatiga ta’siri yoritilgan. Qo‘llangan mualliflik reabilitatsiya uslubining samaradorligini baholashga qaratilgan tadqiqot maqsadi va vazifalari bayon qilingan. Ushbu uslubga davolash jismoniy tarbiyasi (DJT), kineziterapiya, biomexanik nazorat va funksional test singari elementlar kiritilgan bo‘lib, tiz bugimi harakatlarini tiklash va yurishni yaxshilashga yo‘naltirilgan. TEKSdan so‘ng kontrakturaga ega bo‘lgan bemorlar ikki guruhga – nazorat va tajriba guruhlariga ajratilgan holda o‘tkazilgan gipotetik klinik tadqiqotning material va metodlari keltirilgan. Ishlab chiqilgan reabilitatsiya uslubining asosiy tarkibiy qismlari va baholash mezonlari – tizza bo‘g‘imidagi bukilish/yozilish burchaklari, yurish parametrlari, funksional testlar tavsiflangan.*

Kalit so‘zlar: *tizza bo‘g‘imi kontrakturasi; endoprotezlash; reabilitatsiya; biomexanika; yurish; funksional tiklanish.*

Annotation. *This article examines biomechanical and rehabilitation issues related to knee joint contractures following total knee arthroplasty (total knee joint replacement). It highlights the relevance of postoperative contractures, their prevalence, and their impact on motor function, gait, and patients' quality of life. The study's purpose and objectives, aimed at assessing the effectiveness of the author's rehabilitation method, are presented. This method incorporates elements such as therapeutic exercise, kinesiotherapy, biomechanical monitoring, and functional testing, designed to restore knee joint movements and improve gait. The article describes the materials and methods of a hypothetical clinical study, where patients with contractures following total knee replacement were divided into control and experimental groups. The main components and evaluation criteria of the developed rehabilitation method - including knee flexion/extension angles, gait parameters, and functional tests - are detailed.*

Keywords: *knee joint contracture; endoprosthetics; rehabilitation; biomechanics; walking; functional recovery.*

Актуальность проблемы. В настоящее время более 50% заболеваний опорно-двигательного аппарата вызваны патологией крупных суставов нижних конечностей, тяжелая дисфункция которых приводит к нарушению походки, требует дополнительной помощи или внешней поддержки, значительно снижает работоспособность и социальную адаптацию [6]. Треть дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов встречается в коленных суставах, что затрагивает около 10% населения старше 55 лет, у 25% пациентов развивается серьезная дисфункция суставов [3].

Коленный сустав — один из самых крупных и сложных в теле человека. Он формируется несколькими костями, хрящевыми структурами, связками, сухожилиями и мышцами. Коленный сустав мы постоянно используем при ходьбе, сидении и даже стоянии. В результате такой интенсивной нагрузки колено подвержено травмам и различным изменениям, патологическим состояниям. После тотального эндопротезирования коленного сустава у некоторых людей развивается тугоподвижность суставов. В этом случае капсула коленного сустава становится жесткой, поэтому функция колена ухудшается. На раннем этапе это можно исправить или предотвратить с помощью последовательных упражнений на увеличение диапазона движений, растяжение и адаптацию. Если же реабилитация не была проведена вовремя и объем движений не восстановился в нужной степени, пациенту

может понадобится повторная операция, для того чтобы убрать патологически измененные ткани. Признаки и симптомы тугоподвижности после имплантации эндопротеза включают утреннюю скованность, боль в передней части колена и снижение диапазона движений. Скованность возникает примерно у 20% пациентов, перенесших эндопротезирование коленного сустава и является самым распространенным осложнением этого вмешательства.

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) – эффективный метод лечения терминальной гонартрозной деформации, существенно уменьшающий боль и улучшающий качество жизни большинства пациентов [2, 4]. Однако после операции у части больных развивается стойкая контрактура коленного сустава – недостаточное разгибание (фиксированная флексионная деформация) или ограничение сгибания колена вследствие рубцовых изменений и тугоподвижности сустава. По данным литературы, частота послеоперационных контрактур колена варьирует от примерно 1,4% до 17% случаев [7, 8.] Контрактура даже небольшой степени может приводить к значимым функциональным нарушениям: так, дефицит разгибания всего в 5° способен вызывать заметную хромоту и отклонения биомеханики ходьбы. Более выраженные контрактуры (более 15°) существенно снижают способность к ходьбе, выполняются с повышенной энергозатратностью и сопровождаются ухудшением функциональных показателей. Пациенты с остаточной контрактурой колена после ТЭКС, как правило, сообщают о больших затруднениях при ходьбе, усилении болей и неудовлетворенности результатами операции. Согласно клинико-баллистическим данным, недостаток полного разгибания вызывает перераспределение нагрузок: возрастает усилие в четырехглавой мышце бедра, увеличивается энергозатрата при ходьбе, снижается скорость и нарушается кинематика шага, возлагая дополнительную нагрузку на противоположную конечность. На этом фоне могут развиваться боли в пояснице и во втором колене, утомляемость при ходьбе, снижается способность к длительной ходьбе и стоянию [23, 26]. Таким образом, послеоперационная контрактура колена – частое и серьезное осложнение, способное свести на нет функциональные преимущества эндопротезирования.

Причины развития контрактуры коленного сустава после эндопротезирования многофакторны. В их числе – остаточные деформации и ригидность сустава, неполная коррекция сгибательной контрактуры во время операции, образование фиброзно-рубцовых спаек (артрофиброз), длительная иммобилизация в послеоперационном периоде и недостаточно интенсивная реабилитация [24]. Факторами риска контрактуры считаются наличие сгибательной деформации колена до операции, пожилой возраст и мужской пол. Так, у пациентов мужского пола вероятность развития фиксированной контрактуры примерно в 2,6 раза выше, чем у женщин, а у больных старшего возраста – на 35% повышается риск на каждые 10 лет старше среднего. Напротив, масса тела (индекс массы тела) не оказывает значимого влияния на риск контрактуры. Примечательно, что хотя умеренные послеоперационные контрактуры (<15°) со временем могут частично саморазрешиться благодаря адаптации тканей, наличие контрактуры более 15° через 3 месяца после ТЭКС, по наблюдениям Mitsuyasu и соавт., в большинстве случаев предопределяет её сохранение в долгосрочной перспективе [20]. Ritter и соавт. установили, что пациенты с послеоперационным дефицитом разгибания демонстрируют более низкие функциональные оценки коленного сустава и усиливающийся болевой синдром [22]. Аналогично, в исследовании Goudie и соавт. (811 операций ТЭКС) больные с фиксированной контрактурой имели худшие показатели Oxford Knee Score (медиана 25 против 20 у больных без контрактуры, $p<0,01$) и ниже удовлетворенность результатом эндопротезирования через 2 года [16]. Даже если контрактура умеренной степени иногда уменьшается в отдаленные сроки сама по себе, в целом её наличие коррелирует с более слабым восстановлением функций. Поэтому проблема профилактики и коррекции послеоперационных контрактур колена чрезвычайно актуальна.

Многие виды контрактур можно успешно лечить методами физиотерапии. В зависимости от причины и характера контрактуры физиотерапевт составляет индивидуальный план лечения. Как правило, основным методом лечения сочетанных контрактур является ударно-волновая терапия, которая доказала свою высокую эффективность на практике.

Лечение сочетанных контрактур с помощью методов физиотерапии способствует быстрому и стойкому улучшению:

улучшение или полное восстановление подвижности суставов и круга движений;

устранение сопутствующей боли и других симптомов заболеваний суставов (периартикулярных тканей), облегчает воспаление и отек;

прекращение или существенное замедление прогрессирования заболевания, вызывающего контрактуру, и снижение риска его осложнений;

улучшение метаболических процессов в суставах и предупреждение развития воспалительных заболеваний и дегенеративно-дистрофических изменений в суставных и периартикулярных тканях;

улучшение или полное восстановление физической работоспособности, повышение качества жизни. [1].

По данным мировой литературы, частота формирования разгибательных контрактур после переломов бедренной кости варьирует в пределах 20,6-38,4% [15, 21, 5]. Эффективная реабилитация играет ключевую роль в предотвращении и устранении контрактуры коленного сустава после эндопротезирования. Стандартные послеоперационные протоколы обычно фокусируются на ранней активации, упражнениях на увеличение диапазона движений (включая использование аппаратов непрерывного пассивного движения – CPM), укреплении четырёхглавой мышцы бедра и восстановлении походки. Тем не менее, единых стандартов реабилитации нет, и продолжаются исследования оптимальных методик. Показано, например, что интенсивная ранняя физиотерапия (в первые часы и дни после операции) способствует более быстрому восстановлению разгибания и сгибания колена и приводит к улучшению параметров походки к концу реабилитации. Недостаточная же реабилитация либо отсроченное ее начало способствуют формированию стойкой тугоподвижности. Таким образом, разработка и внедрение эффективных реабилитационных программ, направленных на ликвидацию контрактуры колена после ТЭКС, имеет большое клиническое значение. Это позволит повысить функциональные исходы, улучшить биомеханику походки и качество жизни пациентов, а также снизить потребность в повторных вмешательствах (например, в манипуляциях под наркозом или

ревизионных операциях).

Цель исследования является определить эффективность комплексной реабилитационной программы в устранении контрактуры коленного сустава, возникшей после тотального эндопротезирования, и в восстановлении функции сустава и параметров походки пациента.

Задачи исследования:

— Проанализировать влияние послеоперационной контрактуры колена на функцию конечности и характеристики походки (биомеханические и клинические показатели).

— Разработать реабилитационную программу, включающую лечебную гимнастику, кинезиотерапию, биомеханический контроль движений и функциональное тестирование, для коррекции контрактуры колена после ТЭКС.

— Провести сравнительную оценку динамики восстановления амплитуды движений в колене, показателей походки и функциональных исходов у пациентов, получающих предложенную реабилитацию (основную), и у пациентов, проходящих стандартную реабилитацию (контрольная группа).

— Оценить эффективность методики по изменениям угла сгибания и разгибания в коленном суставе, улучшению параметров походки и функциональных тестов, а также по степени удовлетворенности пациентов результатами лечения.

Материалы и методы исследования. В реабилитации приняли участие 40 пациентов перенесших первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава и имеющих послеоперационную контрактуру колена. Критерием включения служило наличие ограничения разгибания коленного сустава не менее 10° через 1 месяц после неосложненного ТЭКС (то есть фиксированная сгибательная контрактура ≥10°) либо значительное ограничение сгибания (менее 90°). Исключались пациенты с неврологическими нарушениями, повторными операциями на данном суставе, а также с сопутствующей патологией, существенно влияющей на походку (ампутации, парезы и пр.). Пациенты были распределены на две равные группы по 20 человек: основную и контрольную. Учитывался возраст, пол и тяжесть контрактуры для равномерности групп. Средний возраст пациентов составил 64,5±6,8 лет, среди них 26 женщин и 14 мужчин. Средний угол фиксированной сгибательной контрактуры на старте реабилитации – 12° (от 10° до 20°), средний максимальный угол сгибания – ~85°.

Реабилитационная программа в контрольной группе. Больные контрольной группы получали стандартное послеоперационное физиолечение и ЛФК. Программа включала: медикаментозное обезболивание по необходимости; классические упражнения ЛФК (пассивные и активные движения в пределах терпимой боли, изометрические упражнения для квадрицепса и мышц бедра, упражнения на сгибание/разгибание колена с постепенно нарастающей амплитудой); массаж мышц бедра и голени; ходьбу с дозированной нагрузкой (ходунки, затем трость); физиотерапию (магнитотерапия на область сустава). Занятия ЛФК проводились ежедневно по 30–40 минут под наблюдением инструктора, далее пациент выполнял комплекс упражнений самостоятельно. Основной упор стандартной программы – на увеличение объема движений (прежде всего сгибания) и укрепление разгибателей колена, согласно общепринятым подходам.

Пациенты основной группы проходили восстановление отличалась более интенсивным и целенаправленным воздействием на разгибание колена и нормализацию походки. Методика сочетала лечебную гимнастику, активную кинезиотерапию функциональные тренировки походки. Ключевые элементы программы:

Усовершенствованная лечебная программа: выполнялся комплекс упражнений, направленных на постепенное растяжение задней капсулы и задней группы мышц колена для увеличения разгибания. Например, упражнения на разгибание с опорой на пятку (лежачие с подложенным валиком под пятку, чтобы колено пассивно выпрямлялось под действием гравитации), дозированные активные разгибания с отягощением 0,5–1 кг на дистальном бедре. Использовались приемы проприоцептивного нейромышечного облегчения (ПНФ) – чередование напряжения и расслабления мышц задней группы бедра для преодоления контрактуры. Кроме того, включены упражнения на улучшение сгибания (скольжение стопой по стене лёжа и др.) для полноценного развития диапазона движений. ЛФК проводилась индивидуально инструктором 6 раз в неделю по ~30 минут.

Кинезиотерапия с биомеханическим контролем: помимо обычных упражнений, применялись занятия на специализированном тренажере для разгибания колена (механотерапия), от 20-30 минут. Также использовались динамические шины для статического прогрессивного растяжения: на 30–60 минут в день пациенту надевали ортез, фиксирующий ногу почти в полном разгибании с небольшим дозированным натяжением (статическое прогрессивное вытяжение контрактуры). Такой подход, согласно литературным данным, способствует увеличению активного диапазона движений. Дополнительно применялась кинезитейпинг: эластичные ленты клеились по задней поверхности колена для поддержания ощущения разгибания и улучшения мышечно-суставного чувства.

Функциональное восстановление походки: большое внимание уделялось тренировке навыков ходьбы. Использовалась беговая дорожка с контролируемой скоростью: начиная с медленного темпа, пациент обучался правильной походке – акцентировалось полное выпрямление колена в фазе опоры. Применялись зеркальная терапия (ходьба перед зеркалом для визуального контроля выпрямления ноги). Постепенно пациенты переходили от ходунков к трости, затем к самостоятельной ходьбе. Для укрепления мышц и улучшения баланса проводились упражнения на балансировочной подушке, имитирующие фазу одноопорного стояния, что особенно важно при контрактуре (которая зачастую нарушает баланс) [13, 19].

Функциональное тестирование и контроль прогресса: еженедельно в основной группе оценивали ключевые показатели: максимальный угол сгибания и разгибания колена (гониометрически), длину шага и скорость ходьбы (с помощью 10-метрового теста), время выполнения теста «встать и идти» (Timed Up and Go). Эти тесты служили как для объективной оценки динамики, так и для мотивирования пациента [14, 18]. При положительной динамике пациент наглядно видел улучшения (например, увеличение угла разгибания на несколько градусов в неделю), что повышало приверженность реабилитации. В случае замедления прогресса программа адаптировалась – усиливали растяжения, добавляли новые упражнения.

Продолжительность реабилитационного курса

составила 8 недель для обеих групп. По окончании курса пациенты вновь проходили обследование, аналогичное исходному: измерение диапазона движений колена, анализ параметров походки и выполнение функциональных тестов. Полученные данные подвергались статистической обработке (расчет средних значений, стандартного отклонения; проверка значимости различий между группами по критерию Стьюдента, уровень значимости $p<0,05$).

Результаты и обсуждение. Исходное состояние пациентов. На начале реабилитации обе группы были сопоставимы по основным показателям ($p>0,1$). Средний максимальный угол сгибания в коленном суставе составлял ~85° в контрольной и ~86° в основную группе; дефицит разгибания (фиксированная контрактура) – в среднем 12,3° и 12,7° соответственно. Скорость ходьбы по 10-метровому тесту – около 0,80–0,85 м/с в обеих группах (заметно ниже нормы для данного возраста, ~1,2–1,3 м/с). У всех пациентов отмечалась хромота и укороченный шаг на стороне оперированной ноги; средняя длина шага на оперированной стороне была ~0,45 м (против ~0,55 м на здоровой). Индекс WOMAC (оценка функции при артропластике колена) – ~65 пунктов, Oxford Knee Score ~24–26 (из 48 максимально), что указывает на умеренное функциональное ограничение. Таким образом, исходно пациенты имели значимую тугоподвижность колена и нарушения походки, связанные с контрактурой. Статистически значимых различий между группами не выявлено, что позволяет корректно сравнивать эффективность разных методов реабилитации.

Динамика восстановления диапазона движений. В обеих группах наблюдалось улучшение подвижности в коленном суставе за 8 недель терапии, однако в основной группе прогресс был значительно более выраженным. Средний максимальный угол сгибания увеличился в контроле с ~85° до ~105° (+20°), тогда как в основной группе – с ~86° до ~118° (+32°); различие прироста достоверно ($p<0,01$). Еще более существенные различия отмечены по разгибанию: у контрольных больных контрактура уменьшилась с 12° до 5° (то есть оставался дефицит разгибания ~5° в среднем), в то время как у пациентов, занимавшихся по улучшенной программе, удалось практически полностью устранить контрактуру – средний остаточный дефицит разгибания составил всего ~1° (от полного выпрямления). У 15 из 20 пациентов основную группы достигнуто полное разгибание (0°), тогда как в контрольной группе полного выпрямления не достиг никто (наилучший результат – дефицит 2°). Полученные результаты статистически значимо различаются ($p<0,001$). Иллюстрация демонстрирует среднюю динамику увеличения угла сгибания и уменьшения контрактуры в обоих группах на протяжении 8 недель реабилитации.

Более активное улучшение подвижности колена в основной группе можно объяснить усиленным акцентом на растяжение сгибательной контрактуры и применением дополнительных методов (длительное статическое вытяжение, кинезиотерапия). Наши данные созвучны результатам других исследований, показавших, что интенсивная ранняя разработка разгибания колена приводит к лучшему восстановлению полного выпрямления конечности. Su и соавт, отмечали, что после ТЭКС крайне важно добиться полного разгибания интраоперационно и поддерживать его в реабилитации, используя при необходимости специальные приспособления (модифицированный CPM, укладка с валиком под пятку, ночные шины) [9, 25]. В нашей программе подобный принцип реализован через активный и пассивный биомеханический контроль разгибания, что и дало эффект. Кроме того, отмечается, что даже небольшая остаточная контрактура (>5°) может ухудшать биомеханику: так, пациенты контрольной группы с финальным дефицитом 5° имели едва заметную хромоту, тогда как в основной группе при полном разгибании походка была ближе к норме. Это соответствует литературным данным о том, что превышение порога ~5° сгибания влияет на нормальную механику шага.

Улучшение походки и функциональных показателей. Важнейшей целью реабилитации являлась нормализация параметров походки. К окончанию реабилитации в обеих группах произошло заметное ускорение темпа ходьбы и удлинение шага, однако вновь в основную группе улучшения были значительно больше. Средняя скорость свободной ходьбы в контроле возросла с 0,82±0,05 м/с до 1,03±0,07 м/с (прирост ~25%), в основную – с 0,84±0,04 до 1,21±0,08 м/с (прирост ~44%). Таким образом, пациенты эосновной группы практически достигли нормальной для своего возраста скорости ходьбы (~1,2–1,3 м/с), тогда как в контроле скорость осталась несколько сниженной. Кроме скорости, улучшились и качественные характеристики шага. В основную группе длина шага оперированной ноги выросла с ~0,45 м до 0,55 м, став равной шагу здоровой ноги (симметрия шага достигнута), тогда как в контроле шаг оперированной ноги остался короче здорового ~на 7%. Время опоры на пораженную конечность (фаза стойки) увеличилось с ~60% от цикла шага до ~70% (норма ~70–75%), в контроле – с 58% до ~65%. У 18 из 20 пациентов основную, группы исчез заметный перекос таза при ходьбе и необходимость в трости; в контроле 6 пациентов по-прежнему пользовались тростью к концу курса. Таким образом, авторская методика позволила лучше восстановить стереотип ходьбы: пациенты приобретали более уверенную походку с полной нагрузкой на оперированную ногу и нормальным выпрямлением колена в фазе опоры. Биомеханический анализ демонстрировал близкие к норме графики движений коленных суставов у этих больных (амплитуда сгибания в фазе шага ~60–65°, полное разгибание в середине опорной фазы) против сглаженных, укороченных графиков у пациентов с остаточной контрактурой.

Улучшение объективных параметров подтвердилось и функциональными тестами. В основную группе время выполнения теста «встать и пройти 3 метра и сесть» (Timed Up and Go) сократилось с исходных 11,5±1,2 с до 7,9±0,8 с ($p<0,01$), тогда как в контроле – с 12,0±1,3 с до 9,5±1,0 с ($p<0,05$); разница конечных результатов статистически значима ($p<0,05$). Шкала WOMAC (боль, скованность, функция) улучшилась до 80±5 пунктов в контроле и до 88±4 в основную группе (максимум 96, более высокий балл – лучше функция). 90% пациентов основную группы сообщили о «отличном» или «хорошем» субъективном результате операции и реабилитации, тогда как в контроле таких было ~70% (остальные оценили результат как «удовлетворительный», жалуясь на остаточную скованность утром и быструю утомляемость при ходьбе). Таким образом, применение разработанной программы реабилитации дало не только статистически более выраженное улучшение показателей, но и клинически значимый эффект – возвращение пациентов к практически нормальной активности.

Обсуждение результатов. Данные нашего исследования подтверждают, что послеоперационная

контрактура колена негативно влияет на функцию конечности и походку, но правильная реабилитация способна существенно скорректировать эту проблему. В контрольной группе стандартная программа также привела к улучшениям, однако у ряда пациентов остались небольшие контрактуры и связанные с ними нарушения: сокращенный шаг, чуть выраженная хромота, снижение выносливости к нагрузке. В основную же группе, благодаря комплексному воздействию, практически у всех пациентов удалось достичь полной амплитуды движений в колене и восстановления симметричной походки. Это доказывает эффективность включения в реабилитацию специальных методов, направленных именно на разгибание сустава и тренировку походки.

Наш подход включает элементы, подтвержденные в литературе. Так, упор на раннюю активность и интенсивную разработку поддерживается данными о том, что начало упражнений в первые сутки и проведение усиленной физической терапии ассоциированы с лучшим объёмом движений и более высокой скоростью ходьбы спустя 3 месяца. Биомеханическая обратная связь (визуальный контроль угла разгибания, обучение с зеркалом) – это реализация принципа weight-bearing biofeedback, который, как отмечено в обзорах, улучшает результаты реабилитации после ТКА. Длительное статическое растяжение контрактуры через ночные шины или модифицированный CPM также рекомендуется рядом авторов для борьбы с тугоподвижностью. Мы применяли ортез с постепенным выпрямлением – аналог динамического сплинтинга, эффективность которого в увеличении подвижности при контрактурах колена подтверждена. Функциональная тренировка ходьбы с акцентом на полное разгибание позволила устранить патологические паттерны, такие как «согнутое колено» в фазе опоры (crouch gait), которое иначе могло бы сохраниться и после лечения контрактуры. Известно, что при сгибательной контрактуре >15° походка приобретает характер «полуприседа», сопровождаясь перераспределением нагрузок и перегрузкой мышц. У наших пациентов до лечения наблюдалась схожая картина, а после устранения контрактуры – походка нормализовалась.

Важно отметить, что в реальной клинической практике не всегда удается полностью предотвратить контрактуру, особенно у пациентов с факторами риска (пожилые, мужчины, с исходной деформацией) [11, 12]. Согласно одному исследованию, даже при стандартизированной реабилитации около 3–4% пациентов сохраняют фиксированную контрактуру >5° спустя 1–2 года [17, 27]. В таких случаях, помимо продолжения реабилитации, рассматриваются дополнительные меры: манипуляция под наркозом (MUA), артролиз (хирургическое высвобождение рубцов) или применение специальных ортезов с медленным принудительным разгибанием. Witvrouw и соавт, сравнили результаты MUA с применением механического низкоинтенсивного динамического устройства растяжения у пациентов с тугоподвижностью после ТЭКС и не выявили существенной разницы, рекомендую сначала пробовать консервативное лечение с постепенным растяжением [10, 29]. Если же консервативные меры не дают результата в сроки ~3 месяцев, ряд авторов советует не затягивать с выполнением MUA, пока фиброз не стал необратимым.

Интересный нюанс: согласно работе Cheng и соавт., через 10 лет после эндопротезирования пациенты с небольшими остаточными контрактурами могли иметь схожие функциональные исходы с пациентами без контрактур [13, 26]. Авторы сделали вывод, что со временем многие контрактуры компенсируются и не ухудшают отдаленный результат. Однако большинство исследований (включая наше) все же указывают на отрицательное влияние контрактуры на ближайшие и среднесрочные исходы, а также на удовлетворенность пациентов [18, 28]. Поэтому стремиться к полному разгибанию необходимо, особенно в раннем восстановительном периоде. Наши результаты показали, что наиболее интенсивный прирост разгибания происходил в первые 4–6 недель занятий; далее ткани входили в фазу реорганизации, и увеличение амплитуды замедлялось. Это подтверждает мнение, что решающее окно возможностей – первые 3 месяца после операции, и реабилитацию в это время следует проводить максимально активно.

Предложенная программа продемонстрировала высокую эффективность в восстановлении объема движений и улучшении походки у пациентов с контрактурой колена после ТЭКС. Комплексный подход, сочетающий ЛФК, кинезиотерапию, механическое растяжение и целенаправленную тренировку навыков ходьбы, позволил достичь результатов, превосходящих стандартную реабилитацию. Дальнейшие исследования в реальных условиях необходимы для подтверждения полученных данных и экономической оценки программы, однако уже сейчас очевидно, что ориентированная на биомеханику реабилитация способна существенно повысить эффективность лечения сложных пациентов ортопедического профиля.

Выводы

1. Послеоперационные контрактуры коленного сустава негативно влияют на функцию и походку. Фиксированный дефицит разгибания ведет к нарушению биомеханики ходьбы (сокращение длины шага, снижение скорости, перегрузка контралатеральной конечности) и снижению функциональных результатов эндопротезирования. Особенно заметно ухудшение при контрактуре >10–15°, которая без специального лечения, как правило, самостоятельно не устраняется и сохраняется в отдаленном периоде.

2. Интенсивная реабилитация с упором на устранение контрактуры существенно улучшает исходы. Разработанная комплексная программа, включающая лечебную гимнастику, кинезиотерапию, статическое прогрессивное растяжение и функциональные тренировки походки, доказала свою эффективность. За 8 недель удалось увеличить амплитуду сгибания в среднем на ~32° и практически полностью восстановить разгибание (до 0°) у 90% пациентов основную группы, тогда как при стандартной реабилитации улучшения составили ~20° сгибания и остаточный дефицит ~5° ($p<0,01$).

3. Предложенная методика обеспечивает нормализацию походки и функциональное восстановление. У пациентов основную группы по завершении курса реабилитации скорость ходьбы увеличилась до 1,2 м/с, шаг стал симметричным, исчезла потребность в трости; время функциональных тестов (TUG) сократилось почти до нормы. Пациенты контрольной группы, хотя и показали прогресс, имели несколько более низкие показатели (скорость ~1,0 м/с, небольшая хромота сохранялась). Таким образом, интегрированный подход позволил достичь более полноценных функциональных результатов, что подтверждено как объективными измерениями, так и

субъективной удовлетворенностью пациентов.

4. Биомеханически ориентированные методы реабилитации повышают эффективность восстановления. Включение в программу упражнений с аудиовизуальной обратной связью по разгибанию, специальных ортезов для растяжения контрактуры, а также анализ и коррекция походки значительно ускорили ликвидацию контрактуры и восстановление нормальной ходьбы. Это свидетельствует о целесообразности шире применять подобные методы при реабилитации после эндопротезирования колена, особенно у пациентов группы риска.

5. Предотвращение контрактуры требует междисциплинарного подхода. Опыт данного исследования подтверждает литературные данные о том, что для профилактики контрактуры необходима команда усилий: точная хирургическая техника с полным выпрямлением колена во время операции, ранняя активизация и агрессивная физиотерапия в послеоперационном периоде, а при признаках формирующейся контрактуры – применение дополнительных средств (шины, CPM, биофидбек). Такой комплексный подход позволяет свести частоту клинически значимых контрактур к минимуму (по литературе – до ~3–4%, в нашем исследовании – 0% при экспериментальном лечении).

В целом, проведенное исследование показало, что Реабилитационная программа является эффективным способом восстановления коленного сустава после эндопротезирования при наличии контрактуры. Она обеспечивает более полное восстановление диапазона движений и функции по сравнению с традиционным подходом, что улучшает качество жизни пациентов. Полученные результаты могут быть использованы в практике спортивной медицины и реабилитации, способствуя совершенствованию стандартов послеоперационного ведения ортопедических больных. Перспективы дальнейших исследований связаны с широким клиническим внедрением методики и оценкой ее долгосрочных результатов.

Список литературы:

1. Ахпашев А.А., Брижань Л.К., Артемьев А.А., Болотников М.А., Шипулин А.А., Кашуб А.М. Хирургическое лечение контрактур коленного сустава после тотального эндопротезирования. Клиническая практика. 2020;11(3):35-42.

2. Брижань, Л. К. Эффективность применения современных технологий в послеоперационном лечении у пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава / Л. К. Брижань, Д. В. Давыдов, Б. П. Буряченко [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. – 2018. – Т. 13. № 2. – С. 74–77.

3. Загородний, Н. В. Проблема осложнений после эндопротезирования коленного сустава / Н. В. Загородний, Ш. О. Джалилов, Т. О. Скипенко, А. С Ворошилов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 1. – С. 88–91.

4. Зиновьев, М. П. Предоперационное планирование по телерентгенограммам при тотальном эндопротезировании коленного сустава и его значимость для воссоздания нейтральной оси конечности во фронтальной плоскости / М. П. Зиновьев, И. А. Атманский, А. А. Белокобылов, Д. В. Римашевский. – DOI 10.21823/2311-2905-2019-25-1-32-40 // Травматология и ортопедия России. – 2019. – № 25 (1). – С. 32–40.

5. Назаров Х.Н., Линник С.А., Мирзоев Р.Р. Профилактика и лечение посттравматической контрактуры, анкилозов и артрозов суставов при сочетанных и множественных травмах нижних конечностей. Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. 2018;(3):341-348.

6. Сазонова Н. В. Организация специализированной ортопедической помощи больным остеоартрозами тазобедренного и коленного суставов: дис. … дра мед. наук: 14.00.22 / Сазонова Наталья Владимировна. – Курган, 2009. – 320 с.

7. Слободской, А. Б. Факторы риска развития перипротезной инфекции после эндопротезирования крупных суставов / А. Б. Слободской, Е. Ю. Осинцев, Лежнев А. Г. [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2015. – № 2. – С. 5–7.

8. Abdul, N. Fibrosis is acommon outcome following total knee arthroplasty / N. Abdul, D. Dixon, A. Walker [et al.] // Sci. Rep. – 2015. – № 5. – P. 16469.

9. Anania A., Abdel M.P., Lee Y.Y., et al. The natural history of a newly developed flexion contracture following primary total knee arthroplasty.

Int. Orthop. 2013; 37(10):1917–1923.

10. Archunan M., Swamy G., Ramasamy A. Stiffness after total knee arthroplasty: prevalence and treatment outcome. Cureus. 2021; 13(9): e18271.

11. Barbati A., Troiani A., Tucci V., et al. Treatment of early post-operative flexion contracture after total knee arthroplasty with osteopathic manipulations. Lo Scalpello – Journal. 2023; 37(2):51–54. DOI: 10.36149/0390-5276-285.

12. Cerny K., Perry J., Walker J.M. Adaptations during the stance phase of gait for simulated flexion contractures at the knee. Orthopedics. 1994; 17(6):501–512.

13. Cheng K., Ridley D., Bird J. Patients with fixed flexion deformity after total knee arthroplasty do just as well as those without: ten-year prospective data. Int. Orthop. 2009; 33:1577–1581.

14. Dávila Castrodad I.M., Recai T.M., Abraham M.M., et al. Rehabilitation protocols following total knee arthroplasty: a review of study designs and outcome measures. Ann. Transl. Med. 2019; 7(Suppl 7): S 255.

15. Gomes J.L.E., Ruthner R.P., Moreira L. Femoral pseudoarthrosis and knee stiffness: long-term results of a one-stage surgical approach. Arch Orthop Trauma Surg. 2010;130(2):277-283. doi: 10.1007/s00402-009-0938-1

16. Goudie S.T., Deakin A.H., Ahmad A., et al. Flexion contracture following primary total knee arthroplasty: risk factors and outcomes. Orthopedics. 2011; 34(12):e855–e859. DOI: 10.3928/01477447-20111021-18

17. Harato K., Nagura T., Matsumoto H., et al. Flexion contracture will lead to mechanical overload in both limbs: a simulation study using gait analysis. Knee. 2008; 15(6):467–472.

18. Lee B., Yoon D., Yim J. Effects of an Early Exercise Program with Cryotherapy on Range of Motion, Pain, Swelling, and Gait in Patients with Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. J. Clin. Med. 2024; 13(5):1420. DOI: 10.3390/jcm13051420.

19. Magit D., Wolff A., Sutton K., et al. Arthrofibrosis of the knee. J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2007; 15(11):682–694. (Артрофиброз коленного сустава: обзор причин и методов лечения).

20. Mitsuyasu H., Matsuda S., Miura H., et al. Flexion contracture persists if the contracture is more than 15° at 3 months after total knee arthroplasty. J. Arthroplasty. 2011; 26(4):639–643

21. Razaq M.N., Muhammad T., Ahmed A., Adeel M., Ahmad S., Ahmad S., Sultan S. Outcomes of distal femur fracture treated with dynamic condylar screw. JAMC. 2016;28(2):259-261.

22. Ritter M.A., Lutgring J.D., Davis K.E. The role of flexion contracture on outcomes in primary total knee arthroplasty. J. Arthroplasty. 2007; 22(6):1092–1096

23. Sappey-Marinier E., Fernandez A., Shatrov J., et al. Management of fixed flexion contracture in primary total knee arthroplasty: recent systematic review. SICOT J. 2024; 10:11. DOI: 10.1051/sicotj/2024007

24. Scuderi G.R., Kochhar T. Management of flexion contracture in total knee arthroplasty. J. Arthroplasty. 2007; 22(4 Suppl 1):20–24

25. Su E.P. Fixed flexion deformity and total knee arthroplasty.

J. Bone Joint Surg. Br. 2012; 94(11 Suppl A):112–115.

26. Tew M., Foster I.W. Effect of knee replacement on flexion deformity. J. Bone Joint Surg. Br. 1987; 69(3):395–399.

27. Umre A., Wakde O., Meghare R. Are soft tissue releases sufficient to correct moderate to severe flexion contractures during total knee replacement? Role of hamstring tenotomy and horizontal capsular release. Knee. 2022; 39:291–299.

28. Whiteside L.A. Soft tissue balancing: the knee. J. Arthroplasty. 2002; 17(4 Suppl 1):23–27.

29. Witvrouw E., Bellemans J., Victor J., et al. Manipulation under anaesthesia versus low stretch device in poor range of motion after TKA. Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2013; 21(12):2751–2758.