

16. Turco VJ, Spinella AJ. Current Management of Clubfoot in Instructional Course Lecture of the American Academy of Orthopedic Surgeon. St. Louis CV Mosby 1982; 3 (1): 218–234.
17. Nordin S, Aidura M, Razak S, Faisham WI. Controversies in congenital clubfoot: literature review. Malaysian Journal of Medical Sciences 2002; 9 (1): 34–40.
18. Bohm M. The embriologic origin of club-foot. J Bone Joint Surg Amer 1929; 11 (2): 229–259.
19. Robertson WW, Jr., Corbett D. Congenital clubfoot. month of conception. Clin Orthop Relat Res 1997; 338: 14–18.
20. Hootnick DR, Levinsohn EM, Crider RJ, Packard DS. Congenital arterial malformations associated with clubfoot: A report of two cases. Clin Orthop Relat Res 1982; 167: 160–163.
21. Edmonds EW, Frick SL. The drop to sign: an indicator of neurologic impairment in congenital clubfoot. Clin Orthop Relat Res 2009; 467 (5): 1238–1242.
22. Wiley AM. Clubfoot. An Anatomical and Experimental Study of Muscle Growth. J Bone Joint Surg 1959; 41B: 821.
23. Bleck EE. Annotation of Clubfoot. Develop. Med. Child Neurol. 1993; 35: 927–930.
24. Wang LL et al. HOXD13 may play a role in idiopathic congenital clubfoot by regulating the expression of FHL1. Cytogenet Genome Res 2008; 121 (3-4): 189–195.
25. Poon R, Li C, Alman BA. Beta-catenin mediates soft tissue contracture in clubfoot. Clin Orthop Relat Res 2009; 467 (5): 1180–1188.
26. Kruse LM, Dobbs MB, Gurnett CA. Polygenic threshold model with sex dimorphism in clubfoot inheritance: the Carter effect. J Bone Joint Surg Amer 2008; 90 (12): 2688–2694.
27. Ponseti IV, Smoley EN. Congenital club foot: the results of treatment. J Bone Joint Surg Amer 1963; 45-A: 261–344.
28. Wainwright AM, Auld T, Benson MK, Theologis TN. The classification of congenital talipes equinovarus. J Bone Joint Surg Br 2002; 84-B: 1020–1024. Available at: <http://www.researchgate.net/publication/11099915>
29. Harold AJ, Walker CJ. Treatment and prognosis in congenital clubfoot. J Bone Joint Surg B. 1983; 65-B: 8–11.
30. Catterall A. A method of assessment of the clubfoot deformity. Clin Orthop 1991; 264: 48–53.
31. Dimeglio A, Bensahel H, Souchet P, Mazeau P, Bonnet F. Classification of clubfoot. J Pediatr Orthop Br 1995; 4: 129–136.
32. Pirani S, Maddumba E, Mathias R, et al. Towards effective Ponseti clubfoot care: the Uganda Sustainable Clubfoot Care Project. Clinical Orthopaedics and Related Research 2009; 467: 1154–1163.
33. Stabile RJ, Giorgini RJ. A Review of Talipes Equinovarus. Podiatry management 2009; 3: 167–178.
34. Romyantseva GN, Stories LV, Murga VV, et al. Congenital clubfoot at children (the review of literature). Upper Volga Medical Magazine 2012; 10 (4): 28–32. Russian (Румянцева Г.Н., Рассказов Л.В., Мурга В.В. и др. Врожденная косолапость у детей (обзор литературы). Верхневолжский медицинский журнал 2012; 10 (4): 28–32.)
35. Karol LA, Jeans K, Hawary R. Gait analysis after initial non operative treatment for clubfeet: intermediate term follow up at age 5. Clin Orthop Relat Res 2009; 467: 1206–1213.
36. Lohle-Akkersdijka JJ, Rameckers EA, Andriess H, et al. Walking capacity of children with clubfeet in primary school: something to worry about? J Pediatr Orthop Br 2015; 24 (1): 18–23.
37. Kenmoku T, Kamegaya M, Saisu T, et al. Athletic ability of school-age children after satisfactory treatment of congenital clubfoot. J Pediatr Orthop 2013; 33: 321–325.
38. Klychkova IYu, Kenis VM, Stepanova YuA. Conservative treatment of a congenital talipes: analysis of results and prospect. Traumatology and orthopedics of Russia 2011. 3 (61): 45–49. Russian (Клычкова И.Ю., Кенис В.М., Степанова Ю.А. Консервативное лечение врожденной косолапости: анализ результатов и перспективы. Травматология и ортопедия России 2011; 3 (61): 45–49.
39. Turco VJ. Clubfoot. New York: Churchill Livingstone, 1981.
40. Bensahel H, Bienayme B, Jehanno P. History of the functional method for conservative treatment of clubfoot. J Child Orthop 2007; 1 (3): 175–176.
41. Setersdal C, Fevang JM, Fosse L, Engeseter LB. Good results with the Ponseti method: a multicenter study of 162 clubfeet followed for 2–5 years. Acta Orthop 2012; 83: 288–293.
42. Shabtai L, Specht SC, Herzenberg JE. Worldwide spread of the Ponseti method for clubfoot. World J Orthop 2014; 18 (5): 585590.
43. Stapleton JJ, DiDomenico LA, Zgonis T. Corrective midfoot osteotomies. Clin Podiatr Med Surg 2008; 25 (4): 681–690.
44. Beaty JH. Congenital clubfoot (talipes equinovarus). In: Canale ST, ed. Campbell's operative orthopedics. Mosby: Philadelphia, 2003; p. 988–1006.
45. Anand A, Sala DA. Clubfoot: Etiology and treatment. Indian J Orthopedics 2008; 42 (1): 22–28.

УДК 616.7:616–071:616.728.2–001.6

Оригинальная статья

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОВ С ДИСПЛАСТИЧЕСКИМ КОКСАРТРОЗОМ IV ТИПА (CROWE) ДО И ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ

К. С. Юсупов — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, врач травматолог-ортопед, кандидат медицинских наук; **Ю. А. Барабаш** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, главный научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, доктор медицинских наук; **Н. Н. Павленко** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ведущий научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, доктор медицинских наук; **Н. А. Ромакина** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, старший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, кандидат медицинских наук; **Е. А. Анисимова** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, профессор кафедры анатомии человека, профессор, доктор медицинских наук; **А. С. Летов** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, врач травматолог-ортопед, кандидат медицинских наук; **А. В. Сертакова** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, старший научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии, кандидат медицинских наук; **Д. И. Анисимов** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, врач травматолог-ортопед, кандидат медицинских наук.

BIOMECHANICAL CRITERIA OF ORTHOPEDIC STATUS OF PATIENTS WITH DYSPLASTIC COXARTHROSIS (CROWE) IV BEFORE AND AFTER TREATMENT

K. S. Yusupov — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Candidate of Medical Science; **Yu. A. Barabash** — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, Chief Research Assistant, Doctor of Medical Science; **N. N. Pavlenko** — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Department of Innovative Projects in Trau-

matology and Orthopedics, Leading Research Assistant, Doctor of Medical Science; **N.A. Romakina** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, Senior Research Assistant, Candidate of Medical Science; **E.A. Anisimova** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Department of Human Anatomy, Doctor of Medical Science; **A.S. Letov** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Candidate of Medical Science; **A.V. Sertakova** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, Senior Research Assistant, Candidate of Medical Science; **D.I. Anisimov** — Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Candidate of Medical Science.

Дата поступления — 27.06.2017 г.

Дата принятия в печать — 12.09.2017 г.

Юсупов К. С., Барабаш Ю. А., Павленко Н. Н., Ромакина Н. А., Анисимова Е. А., Летов А. С., Сертасова А. В., Анисимов Д. И. Биомеханические показатели ортопедического статуса пациентов с диспластическим коксартрозом IV типа (Crowe) до и после лечения. Саратовский научно-медицинский журнал 2017; 13 (3): 520–526.

Цель: изучение опорной и двигательной функций нижних конечностей у больных диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe до и после одномоментного выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава и остеотомии бедренной кости по разработанной собственной технологии. **Материал и методы.** Обследовано и прооперировано 42 пациента с односторонним диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe. Средний возраст мужчин $47,3 \pm 1,2$ года, женщин $46,1 \pm 1,1$ года. Статикокинематическую функцию нижних конечностей оценивали с помощью стабилотрии и электроподографии до операции и через год после ее выполнения. **Результаты.** До лечения у пациентов выявлены отклонения в статико-динамической функции опорно-двигательной системы, стабилотрически проявляющиеся неустойчивостью в положении стоя, подографически — в дискоординированной ходьбе. Через год после операции наблюдали нормализацию опорности нижних конечностей, расширение двигательного режима, что подтверждалось существенным улучшением биомеханических характеристик статико-кинематической функции. **Заключение.** Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в сочетании с модифицирующей остеотомией бедренной кости, выполненное по оригинальной методике, восстанавливает статико-кинематическую функцию нижних конечностей у больных с высоким врожденным вывихом бедра (диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe), о чем свидетельствуют показатели стабилотрии и подографии через год после хирургического вмешательства.

Ключевые слова: диспластический коксартроз, эндопротезирование тазобедренного сустава, стабилотрия, подография, статико-динамическая функция нижних конечностей.

Yusupov KS, Barabash YuA, Pavlenko NN, Romakina NA, Anisimova EA, Letov AS, Sertakova AV, Anisimov DI. Biomechanical criteria of orthopedic status of patients with dysplastic coxarthrosis (Crowe) IV before and after treatment. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2017; 13 (3): 520–526.

The aim: to analyze locomotor function of lower limbs in patients with dysplastic coxarthrosis Crowe IV type before and after single-step hip joint endoprosthesis and femoral bone osteotomy conducted by our own technology. **Material and Methods.** 42 patients with one-side dysplastic coxarthrosis Crowe IV type were examined and operated. The mean age at the time of admission in men was 47.3 ± 1.2 years, women — 46.1 ± 1.1 years. Static and kinematic function of lower limbs was evaluated with the help of stabilometrics and podometry before and one year after the operation. **Results.** Before treatment, the patients had deviations of static and dynamic function of locomotor system stabilometrically seen as instability in upright position and podographically as a compromised gait. One year postsurgically we indicated static balance between the limbs within the normal range, expanded motoring mode, which was supported by significant improvement in the biomechanical characteristics of locomotor function of the patients. **Conclusion.** Total hip replacement in combination with modifying osteotomy of the hip conducted by a unique technique restores static and kinematic function of lower limbs in patients with high congenital hip dislocation (dysplastic coxarthrosis Crowe type IV) which is proved by stabilographic and podographic indices one year after operation.

Key words: dysplastic coxarthrosis, total hip replacement, stabilometrics, podography, static and dynamic function of lower limbs.

Введение. Отличительной особенностью диспластического коксартроза IV типа по Crowe является проксимальное смещение головки бедренной кости более чем на 100% относительно вертлужной впадины [1]. Это приводит к нарушению морфометрических взаимоотношений структур сустава, взаимосвязи с другими анатомическими ориентирами и к перераспределению нагрузки на здоровую конечность с нарушением статико-кинематической функции опорно-двигательной системы, что обуславливает анатомо-биомеханическую несостоятельность тазобедренного сустава (деформация суставных концов, измененная структура суставного хряща и параартикулярных тканей) и отклонение биомеханической оси нижней конечности кнаружи [2–5]. Тотальное эндопротезирование (ТЭП) по-прежнему остается ведущим методом лечения пациентов при дисплазии тазобедренного сустава IV типа по Crowe, так как позволяет избавить пациента от боли, укорочения конечности, хромающей походки, при этом

обеспечивает восстановление опороспособности и оптимизацию объема движений [6, 7]. Несмотря на наличие инновационных технологий и конструкций (компьютерная навигация, биокомпозитные имплантаты), операция достаточно сложная, требующая индивидуального тактического подхода, связанного с выбором способа выполнения и оптимальной конструкции для каждого пациента [7, 8]. Наиболее распространенным методом ТЭП при данной патологии является анатомическая бесцементная реконструкция истинной впадины с использованием экстремальных и малых чашек без или с дополнительной аутопластикой впадины [9]. Не исключается и цементное протезирование, которое имеет своих сторонников [10]. Однако вне зависимости от реконструкции впадины, при IV типе диспластических изменений тазобедренного сустава по Crowe необходима укорачивающая остеотомия бедренной кости [7, 11, 12]. Данное обстоятельство обязывает хирургов оценивать и рассчитывать биомеханическую состоятельность статико-динамической функции опорно-двигательной системы пациента до выполнения ТЭП тазобедренного сустава. Вместе с тем об эффективности восстановления статико-динамической функции нижних конеч-

Ответственный автор — Юсупов Канат Сисенгалиевич
Тел.: 89050342063
E-mail: kan923@mail.ru

ностей после выполненного хирургического пособия можно объективно судить только на основании биомеханического обследования пациента в состоянии стоя и при ходьбе.

Цель: изучение опорной и двигательной функций нижних конечностей у больных диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe до и после одномоментного выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава и остеотомии бедренной кости по разработанной собственной технологии.

Материал и методы. Под нашим наблюдением находились 42 пациента (13 мужчин, 29 женщин) с односторонним диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe. Средний возраст мужчин на момент поступления $47,3 \pm 1,2$ года (от 21 года до 75 лет), женщин $46,1 \pm 1,1$ года (от 22 до 73 лет). Среди сопутствующих ортопедических заболеваний отмечали остеохондроз пояснично-крестцового отдела позвоночника с вертеброгенным болевым синдромом у 37 пациентов (88,1%), остеоартроз коленных суставов у 22 (52,3%), голеностопных у 4 (9,5%). Больных госпитализировали в стационар в период ремиссии хронических соматических заболеваний.

Всем больным выполнено оперативное вмешательство по разработанной нами технологии, заключающейся в эндопротезировании тазобедренного сустава из заднего доступа (с установкой экстрамалых вертлужных имплантатов бесцементной фиксации фирмы Smith & Nephew, комбинация Vicon+SLPlus) с одновременной двойной V-образной укорачивающей подвертельной остеотомией бедренной кости [13]. Преимущества предлагаемого способа заключаются в сохранении абдукторной группы мышц бедра, иннервации и кровообращения в зоне тазобедренного сустава и проксимального отдела бедренной кости. Остеотомией добивались укорочения бедренной кости с таким расчетом, чтобы при локализации головки эндопротеза на уровне истинной вертлужной впадины происходило восстановление абсолютной длины нижней конечности и ее биомеханической оси. Соединение проксимального и дистального фрагментов бедренной кости проводили на ножке эндопротеза, при этом фигурной остеотомией по типу замка преследовали увеличение площади контакта костных фрагментов для оптимизации процесса их сращения. Исследования соответствовали этическим стандартам биоэтического комитета (ФГБУ СарНИИТО Минздрава России, протокол №12 от 14.05.2016), разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. №266.

В дизайн обследования больных, кроме клинического осмотра, лучевых и лабораторных методов диагностики, денситометрии, электронейромиографии нижних конечностей, были включены биомеханические методы исследования статико-кинематической функции опорно-двигательной системы пациентов до и через год после хирургического вмешательства. Исследование осуществлено с помощью комплекса для клинического анализа движений «МБН Биомеханика» (Москва) и включало стабилometriю и электроподографию. Определение баланса основной стойки производили на стабилметрической платформе с европейской установкой стоп больного (пятки вместе, носки разведены под углом 30°), в закрытом

помещении достаточной площади ($5 \times 6 \text{ м}^2$). Посторонние шумы не превышали 40 дБ (по ISO). Исследованы следующие параметры статокинезиограммы: среднее положение общего центра давления (ОЦД) относительно фронтальной (X) и сагитальной (Y) плоскостей (мм); девиации ЦД относительно среднего положения во фронтальной (X) или сагитальной (Y) плоскостях (L, мм); площадь статокинезиограммы характеризует площадь колебаний ЦД (S, мм^2). Электроподография характеризовала временные параметры цикла шага: периоды опоры и переноса конечностей. Исследование выполняли с помощью подографических датчиков. К стопе пациента прикрепляли два контактных датчика, закрепленных на наиболее нагружаемые участки стопы: зону головки 1-й плюсневой кости, зону пяточного бугра. Во время ходьбы обычным шагом, в специальной обуви, без средств дополнительной опоры в результате контакта датчиков и дорожки регистрировали индивидуальные параметры шага больного: цикл шага (ЦШ); период опоры (ПО); период переноса (ПП); период двойной опоры (ДО); первый период двойной опоры (ПДО); второй период двойной опоры (ВДО); период одиночной опоры (ОО); коэффициент ритмичности (КР).

Полученные численные результаты стабилometriи и подографии подвергали статистической обработке с использованием программного комплекса Statistica 10.0 (StatSoftInc.). Предварительно выяснив с помощью теста Шапиро — Уилка, что вариационные ряды подчиняются нормальному распределению, для определения различий между выборками использовали параметрические методы описательной статистики, при этом определяли величину средней арифметической (M), ошибку средней ($\pm m$). Для оценки значимости различий средних величин применяли t-критерий Стьюдента. Статистически значимыми считали различия между одноименными биомеханическими показателями при значении достоверности $p < 0,05$.

Результаты. При клиническом обследовании все пациенты предъявляли жалобы на выраженный болевой синдром в пораженном тазобедренном суставе, усиливающийся при любой физической нагрузке, значительное ограничение движений (передвижение только внутри квартиры), нарушение опороспособности конечности. Анатомическое укорочение конечности за счет диспластической деформации составляло 2,5–8,5 см. У 12 (28,5%) пациентов наблюдалась приводящая контрактура тяжелой степени пораженного тазобедренного сустава, сопровождающаяся наличием синдрома Тренделенбурга–Дюшена. В основе данного синдрома лежит слабость отводящих мышц, которым приходится развивать чрезмерное усилие для удержания таза в горизонтальном положении. При ходьбе синдром Тренделенбурга–Дюшена проявляется постоянными меняющимися наклонами таза, что приводит к «переваливающейся» походке. У всех обследованных нами пациентов в дооперационном периоде отмечена неритмичная ходьба, сопровождаемая значимыми наклонами таза в сторону переносимой конечности и наклоном туловища в сторону опорной конечности.

Среди сопутствующих ортопедических заболеваний отмечали остеохондроз поясничного отдела позвоночника, манифестирующий болью и ограничением движения в поясничном отделе позвоночника у 37 пациентов (88,1%), остеоартроз коленных суставов у 22 (52,3%) больных. У всех пациентов на момент обследования не отмечалось обострения хрониче-

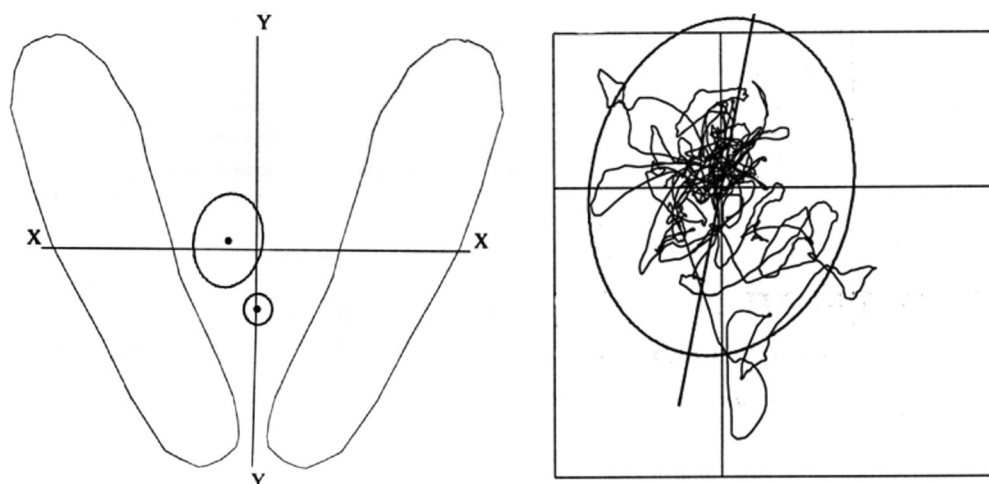


Рис. 1. Стабилометрическое исследование пациента К. 54 лет: смещение общего центра давления кпереди; колебания центра давления за нормативной зоной баланса

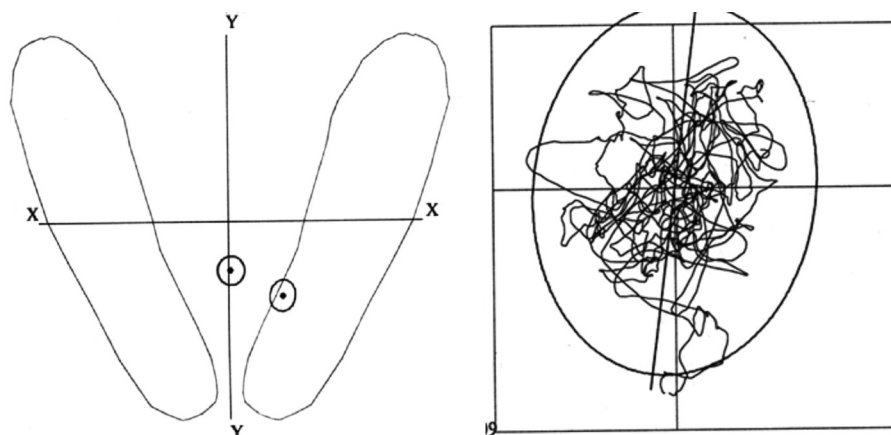


Рис. 2. Стабилометрия пациентки Л. 58 лет: смещение общего центра давления кзади и в сторону пораженной конечности; выраженные колебания амплитуды общего центра давления

ских соматических заболеваний, состояние зрения и слуха соответствовало возрасту.

Биомеханическое обследование позволило выявить изменения статико-динамической функции нижних конечностей. У всех больных фиксировали нарушение статического баланса в основной стойке из-за неустойчивости и нестабильности вертикальной позы, компенсированное либо разгибательной установкой в поясничном отделе позвоночника, либо переразгибанием в голеностопных суставах, что позволяло переместить общий центр массы тела в более физиологичное положение и сократить мышечные энергозатраты, но приводило к нефизиологичным нагрузкам на пояснично-крестцовый отдел позвоночника.

Результаты стабилметрического исследования показали, что у пациентов до операции вертикальная поза асимметрична и неустойчива за счет смещения ОЦД во фронтальной плоскости в сторону менее пораженной конечности и смещения ОЦД в сагиттальной плоскости (рис. 1).

При обследовании у части пациентов выявлено значительное отклонение ОЦД кзади, что является биомеханически невыгодным положением и свидетельствует о декомпенсации функции. У 6 (14,2%) пациентов стабилметрическое исследование выявило смещение ОЦД в сторону пораженной ко-

нечности, что не характерно для диспластического коксартроза (рис. 2). Вероятно, это связано с изменениями на «здоровой» стороне (например, наличие хронической дорсопатии, сопровождающейся вертеброгенным болевым синдромом). Пораженная конечность в создавшихся условиях не может эффективно держать такую нагрузку, поэтому при стабилметрии зафиксировано значимое увеличение амплитуды колебаний ОЦД во всех плоскостях исследования.

По данным подографии, у пациентов до операции ритм ходьбы был нарушен из-за выраженной асимметрии фаз опорного и переносного времени шага справа и слева. Коэффициент ритмичности ходьбы снижен. На пораженной стороне во всех случаях отмечено укорочение всей фазы опоры и времени одиночной опоры, сокращение периода переноса.

В результате обследования пациентов коксартрозом типа Crowe IV выявлены в дооперационном периоде следующие биомеханические проблемы: 1) нарушение статического баланса: значимые отклонения ОЦМ во фронтальной и сагиттальной плоскостях, увеличенные путь пробега L и площадь S статокинезиограммы, что отражает неустойчивость и наличие напряжения по поддержанию вертикальной позы; 2) асимметрия в значениях показателей подографии: дискоординированная ходьба пациентов, подтвержденная удлинением цикла шага, опорного

Биомеханическое обследование пациентов с диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe (n=42) до и через год после операции

Показатели	Стабилометрия				Подометрия							
	L, мм	S, мм ²	положение по оси X, мм	положение по оси Y, мм	ЦШ, с	ПО, %	ПП, %	ДО, %	ПДО, %	ВДО, %	ОО, %	КР, %
Норма	435,3±4,3	99,5±9,9	1,1±0,1	- 29,2±2,9	1,2±0,1	62,7±5,8	37,9±3,8	25,8±1,2	12,9±0,7	12,9±0,7	37,4±3,2	1,0±0,01
До лечения	610,2±6,3 p ₁ <0,0001	645,3±33,2 p ₁ <0,0001	31,1±2,3 p ₁ <0,0001	- 9,5±4,3 p ₁ <0,001	1,6±0,1 p ₁ <0,005	67,3±0,3 p ₁ >0,5	31,7±0,5 p ₁ =0,1	30,7±0,3 p ₁ <0,001	16,8±0,5 p ₁ <0,001	13,9±0,3 p ₁ >0,5	40,7±0,1 p ₁ =0,2	0,74±0,1 p ₁ <0,004
После лечения	386,5±62,1 p ₁ >0,5 p ₂ =0,01	225,4±31,2 p ₁ <0,001 p ₂ <0,001	14,8±5,3 p ₁ <0,02 p ₂ <0,005	- 20,2±4,3 p ₁ =0,1 p ₂ <0,05	1,3±0,1 p ₁ >0,5 p ₂ <0,05	62,1±0,3 p ₁ >0,8 p ₂ <0,0005	37,8±0,3 p ₁ >0,9 p ₂ <0,0005	27,7±0,3 p ₁ >0,1 p ₂ <0,0002	15,3±0,5 p ₁ <0,005 p ₂ =0,05	13,9±0,3 p ₁ >0,2 p ₂ =1,0	33,7±0,1 p ₁ >0,2 p ₂ <0,0001	0,9±0,1 p ₁ >0,2 p ₂ >0,2

Примечание: приведены данные со стороны пораженной нижней конечности; p₁ — достоверность по отношению к значениям параметров в норме; p₂ — достоверность по отношению к величине параметра до операции; L — девиация центра давления; S — площадь статико-незиограммы; ЦШ — цикл шага; ПО — период опоры; ПП — период переноса; ДО — период двойной опоры; ПДО и ВДО — периоды первой и второй двойной опоры; ОО — период одиночной опоры; КР — коэффициент ритмичности.

периода на «здоровой» стороне, сокращением периода переноса, значимым снижением коэффициента ритмичности. Результаты биомеханического обследования свидетельствуют о «сжатии» пораженного тазобедренного сустава как в положении стоя, так и при ходьбе.

Контрольный осмотр и биомеханическое обследование выполнены через год после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в сочетании с корригирующей остеотомией бедренной кости, так как, согласно нашим наблюдениям, не ранее чем через 12 месяцев после активной реабилитации можно достоверно судить об эффективности выполненной операции. Отмечено следующее: у всех пациентов сокращено анатомическое укорочение пораженной конечности до 0,5 см, что обеспечило симметрию шага, и хотя визуально имелись признаки умеренной степени нарушения походки (замедленный шаг, небольшая асимметрия при опоре на оперированную конечность), патологической установки в тазобедренном суставе и синдрома Тренделенбурга — Дюшена не выявлено.

Результаты биомеханического обследования пациентов, страдающих диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe, до и после эндопротезирования тазобедренного сустава и корригирующей остеотомии бедренной кости по разработанной нами методике представлены в таблице.

Анализ биомеханических показателей позволил отметить существенное улучшение статической и динамической функций нижних конечностей после оперативного лечения. Стабилометрические параметры свидетельствовали о повышении устойчивости пациентов, улучшении способности поддерживать тело в зоне равновесия, хотя имеющиеся колебания ОЦД отражали наличие компенсаторных реакций неспецифического характера вследствие сопутствующих изменений позвоночника, коленных и голеностопных суставов, а также склеротических изменений сосудов головного мозга у пожилых пациентов. Стабилометрическое исследование у большинства пациентов показало незначительные нарушения баланса в виде умеренного смещения ОЦД в сторону здоровой конечности, умеренную асимметрию в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

Подография у всех пациентов выявила признаки улучшения динамической функции нижних конечностей: наличие умеренно медленного шага с длительностью ЦШ на границе небольших отклонений от нормы. Отчетливо выражено правило предостав-

ления физиологического оптимума: период двойной опоры на стороне операции остается в пределах относительной нормы. Одноопорный период на функционально менее приспособленной оперированной конечности снижен (сохраняется механизм разгрузки большой стороны). Кроме того, для необходимой разгрузки оперированной конечности период второй двойной опоры наступает раньше.

В целом можно отметить значимое улучшение биомеханических характеристик ходьбы, характеризующих функциональный статус, благодаря чему удалось расширить двигательный режим и обеспечить статический баланс в пределах нормальных показателей, что особенно важно для пациентов старшей возрастной группы.

Обсуждение. Причины функциональных нарушений при диспластическом коксартрозе объяснимы при рассмотрении баланса сил и напряжений биомеханической модели тазобедренного сустава в норме и патологии [14, 15]. С точки зрения механики равновесие тела достигается при выполнении двух условий: векторная сумма всех приложенных к телу сил и сумма моментов этих сил должны равняться нулю. Рассмотрим равновесие таза во время ходьбы при вертикальном положении туловища в фазу одиночной опоры на конечность. Несмотря на то что ходьба — сложный динамический процесс, в случае малых амплитуд движения конечности равновесие таза может рассматриваться квазистатически без привлечения инерционных сил. Во фронтальной плоскости все силы, действующие на кости таза и тазобедренные суставы, могут быть сведены к трем основным: вес туловища, приложенный по вертикали к центру таза (F_t), сила натяжения мышц-абдукторов, в частности средней и малой ягодичных мышц (F_m), приложенная к передне-верхней ости подвздошной кости и к большему вертелу, и контактная сила, действующая на крышу вертлужной впадины со стороны головки бедренной кости (рис. 3).

Относительно центра головки бедренной кости ненулевыми являются два момента сил $M_{F_m} = F_m \cdot h_m$ и $M_{F_t} = F_t \cdot h_t$, где h_m и h_t — плечи соответствующих сил, показанных на рис. 3. Равновесие достигается при $M_{F_m} = M_{F_t}$, откуда отношение сил равно обратному отношению плеч этих сил $F_m / F_t = h_t / h_m$.

Анатомически h_t больше h_m , поэтому даже при отсутствии патологии тазобедренного сустава F_m превышает вес туловища F_t . При смещении головки бедренной кости наружу и вверх, что характерно для диспластического коксартроза IV типа по Crowe, от-

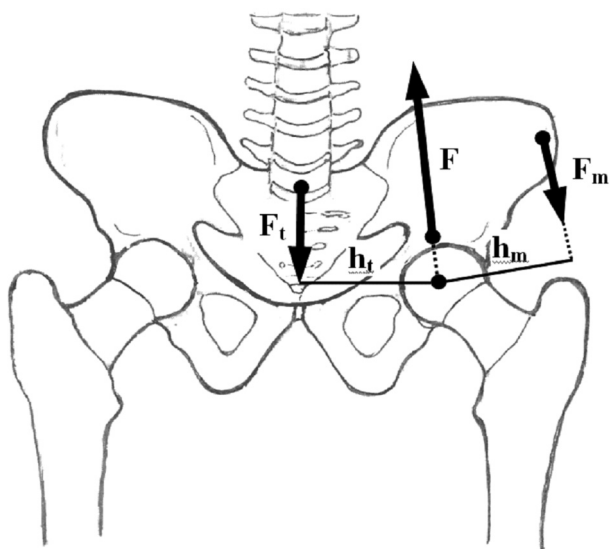


Рис. 3. Векторы сил, действующие на тазобедренный сустав в норме

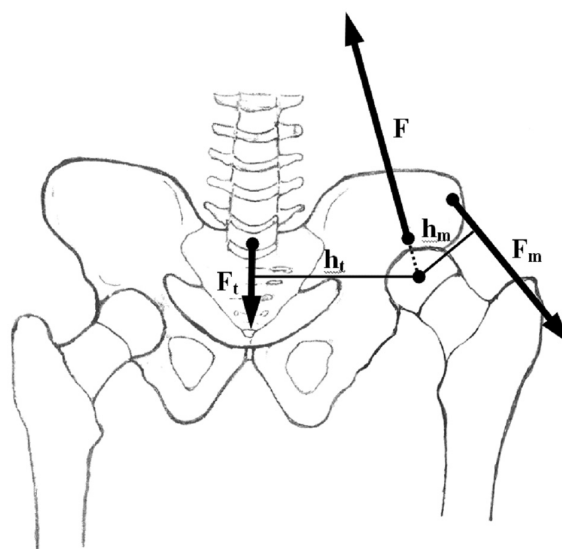


Рис. 4. Векторы сил, действующие на тазобедренный сустав при диспластическом коксартрозе

ношение плеч h_t/h_m возрастает, что ведет к увеличению силы натяжения мышц F_m (рис. 4).

Кроме того, рабочая длина мышц-абдукторов вынужденно сокращается, что выводит их из оптимального рабочего состояния и еще более усложняет несение необходимой нагрузки. Требование баланса сил приводит к значительному увеличению силы F_m , что вместе с уменьшением площади контакта поверхности головки бедренной кости и суставной впадины дает многократное увеличение механического напряжения в зоне контакта.

Заметим, что анатомическое отношение плеч h_m/h_t больше у женского таза, чем у мужского, что приводит к дополнительному росту силы F_m , так же как и избыточная масса тела, что создает дисбаланс сил и приводит к нестабильности тазобедренного сустава. Данный факт может быть одним из доказательств более частого прогрессирования диспластического коксартроза у женщин. Эндопротезирование тазобедренного сустава в сочетании с корригирующей остеотомией бедренной кости приближает отношение плеч к исходному здоровому состоянию, уменьшая напряжение мышц-абдукторов, обеспечивая центрацию головки и стабильность в тазобедренном суставе.

Выводы:

1. Использование методов клинической биомеханики позволяет объективно оценить степень нарушения статико-динамической функции нижних конечностей у пациентов с односторонним диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe, что необходимо учитывать при планировании хирургического вмешательства. Операцией выбора для больных данной категории является эндопротезирование тазобедренного сустава с одномоментной укорачивающей остеотомией бедренной кости, позволяющее в большинстве случаев получить хорошие анатомо-функциональные результаты лечения.

2. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в сочетании с модифицирующей остеотомией бедра, выполненное по оригинальной методике, восстанавливает опорно-двигательную функцию нижних конечностей у больных диспластическим коксартрозом IV типа по Crowe, о чем свидетельствуют

показатели стабильности и подографии через год после выполненного хирургического вмешательства.

Конфликт интересов отсутствует.

Авторский вклад: концепция и дизайн исследования — К. С. Юсупов, Ю. А. Барабаш, Н. Н. Павленко; получение данных, анализ и интерпретация результатов — Н. А. Ромакина, А. С. Летов, Д. И. Анисимов; обработка данных, написание статьи, утверждение рукописи для публикации — А. В. Сертакова, Е. А. Анисимова.

References (Литература)

1. Crowe JF, Mani VJ, Ranawat CS. Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Amer* 1979; 61: 15–23.
2. Eitzen I, Fernandes L, Nordsletten L, Risberg MA. Sagittal plane gait characteristics in hip osteoarthritis patients with mild to moderate symptoms compared to healthy controls: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2012; 13: 258.
3. Anisimova EA, Zaitsev VA, Anisimov DI, et al. Variability and conjugacy morphometric parameters of bone structure hip joint. *Bulletin of Medical Internet Conferences* 2015; 5 (1): 1002–1006. Russian (Анисимова Е. А., Зайцев В. А., Анисимов Д. И. и др. Изменчивость и сопряженность морфометрических параметров костных структур тазобедренного сустава. *Бюллетень медицинских интернет-конференций* 2015; 5 (1): 1002–1006).
4. Horak Z, Kubovy P, Stupka M, Horakova J. Biomechanical factors influencing the beginning and development of osteoarthritis in the hip joint. *Wien Med Wochenschr* 2011; 161: 486–492.
5. Skvorcov DV. Clinical analysis of movements. Ivanovo: NPC: «Stimulus», 1996; 344 p. Russian (Скворцов Д. В. Клинический анализ движений. Иваново: НПЦ: «Стимул», 1996; 344 с.).
6. Rosenstein AD, Roberto JD. Challenges and Solutions for Total Hip Arthroplasty in Treatment of Patients with Symptomatic Sequelae of Developmental Dysplasia of the Hip. *Amer J Orthop* 2011; 40 (2): 87–91.
7. Yang S, Cui Q. Total hip arthroplasty in developmental dysplasia of the hip: Review of anatomy, techniques and outcomes. *World Journal of Orthopedics* 2012; 3 (5): 42–48.
8. Pliushchev AL. Dysplastic coxarthrosis: Theory and practice. M.: Leto-Print, 2007; 495 p. Russian (Плющев А. Л. Диспластический коксартроз: теория и практика. М.: Лето-принт, 2007; 495 с.).
9. Biant LC, Bruce WJ, Assini JB, Walker PM, Walsh WR. Primary total hip arthroplasty in severe developmental dysplasia

of the hip: Ten years results using a cementless modular stem. *J Arthroplasty* 2009; 24: 27–32.

10. Amstutz HC, Le Duff MJ. Cementing the metaphyseal stem in metal-on-metal resurfacing: when and why. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467 (1): 79–83.

11. Krych AJ, Howard JL, Trousdale RT, Cabanela ME, Berry DJ. Total hip arthroplasty with shortening subtrochanteric osteotomy in Crowe type-IV developmental dysplasia: surgical technique. *J Bone Joint Surg Amer* 2010; 92 (Suppl 1): 176–187.

12. Jusupov KS, Anisimova EA, Voskresenskij OYu, et al. Total hip arthroplasty in combination with a double V-shaped shortening of the subjective osteotomy of the thigh in patients with dysplastic coxarthrosis such as Crowe IV. *Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical sciences* 2014; 19 (3): 970–975. Russian (Юсупов К.С., Анисимова Е.А., Воскресенский О.Ю., Павленко Н.Н., Марков Д.А., Абдулнасыров Р.К. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в сочетании с двойной V-образной укорачивающей подвертельной остеотомией бедра у пациентов с диспластическим коксартрозом типа Crowe IV. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки* 2014; 19 (3): 970–975).

13. Method of hip replacement with congenital hip dislocation: Patent №2518141 Russian Federation, IPC A61B 17/56 / K.S. Jusupov, A.B. Nam, H.H. Pavlenko, S. I. Kireev, A.C. Letov, D.A. Markov, R.K. Abdunasyrov; Applicant and

patent holder Federal State Institution “Saratov Research Institute of Traumatology and Orthopedics” of the Ministry of Health of the Russian Federation. № 2013118381; Claimed. 19.04.13; Published on 10.06.14. *Bulletin №16*. 5 p. Russian (Способ эндопротезирования тазобедренного сустава при врожденном вывихе бедра: пат. 2518141 (Российская Федерация), МПК А61В 17/56 / К.С. Юсупов, А.В. Нам, Н.Н. Павленко, С. И. Киреев, А.С. Летов, Д.А. Марков, Р.К. Абдулнасыров; заявитель и патентообладатель: ФГУ «Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии» Минздрава России. №2013118381; заявл. 19.04.13; опубл. 10.06.14, Бюл. №16. 5 с.).

14. Anisimova EA, Emkuzhev OL, Anisimov DI, et al. Comparative analysis of morphological and topometric parameters of lumbar spine in normal state and in degenerative-dystrophic changes. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2015; 11 (4): 515–520. Russian (Анисимова Е.А., Емкужев О.Л., Анисимов Д.И. и др. Сравнительный анализ морфотопометрических параметров структур поясничного отдела позвоночного столба в норме и при дегенеративно-дистрофических изменениях. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2015; 11 (4): 515–520).

15. Byrne DP, Mulhall KJ, Baker JF. Anatomy & Biomechanics of the Hip. *The Open Sports Medicine Journal* 2010; 4: 51–57.