

© Супрунов К.Н., 2006
УДК 616.72-053.2
С 899

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ КОЛЕННОГО СУСТАВА У ДЕТЕЙ

К.Н. Супрунов

Рязанская областная детская клиническая больница

Показана актуальность проблемы лечения детей с посттравматическими деформациями коленного сустава в сочетании с укорочением конечности. В эксперименте с помощью испытательной машины «Zwick-1464» на анатомических препаратах детских костей: бедренной и большеберцовой костях с моделированием околосуставной деформации изучено распределение *контактного давления* на суставной поверхности коленного сустава в зависимости от вида, степени созданных деформаций и возрастного показателя. Измерены площади контакта суставных поверхностей. Рассчитаны показатели *удельного давления* в области мыщелков бедренной и большеберцовой костей при осевой нагрузке от 330 до 500 Н. Установлены зоны упругих и пластических деформаций. Для упругой деформации введен термин «безопасная», для пластической – «повреждающая». Под наблюдением находилось 13 больных, которым выполнено 16 оперативных вмешательств. Оперативное лечение на основе биомеханических аспектов могут исключить или уменьшить риск развития деформирующего артроза, и позволит улучшить косметический и функциональный результат лечения.

Посттравматические деформации коленного сустава составляют, по данным разных авторов, от 3 до 10 % от общего числа деформаций коленного сустава [13]. Чаще встречаются искривления коленного сустава во фронтальной плоскости и составляют 7 – 15,3 % [12].

Деформации коленного сустава являются последствиями *повреждений зон роста* дистального отдела бедренной кости (в 4,7 – 10,5 % случаев), проксимального отдела большеберцовой кости (в 0,9 – 2,3 % случаев) [16]. Повреждение зон роста III-IV типов по Salter R.B., Harris W.R. в этих областях приводит к их *преждевременному закрытию* до 27 % случаев [3, 6].

При отклонении механической оси в сторону нагрузка на суставные концы коленного сустава оказывается неравномерной. Патологический перекос сустав-

ных поверхностей обуславливает перегрузку одного из мыщелков бедренной или большеберцовой костей в зависимости от вида и степени деформации (*синдром гиперпрессии*). При вальгусной деформации наблюдается гиперпрессия латерального отдела, при варусной деформации – медиального [9]. Увеличивается величина контактного давления в соответствующем отделе [2, 15]. При этом имеется много противоречивых сведений: о фактической площади контакта мыщелков на суставной поверхности, о величине контактного напряжения. У растущего организма патологический перекос суставных поверхностей способствует формированию бокового отклонения голени, а в последствии приводит к асимметричному изнашиванию сустава с развитием преждевременных дистрофических изменений костно-хрящевых структур колен-

ного сустава – *деформирующего артроза* [10,11].

Поэтому возникает необходимость в коррекции оси нижней конечности, устранении перекоса суставных поверхностей коленного сустава и совмещении центра коленного сустава с биомеханической осью нижней конечности [7].

До настоящего времени общепринятым и эффективным способом исправления деформации коленного сустава является *корректирующая остеотомия*. Она со временем совершенствуется и видоизменяется. Внедрение *чрескостного остеосинтеза* в арсенал методов лечения деформаций костей и суставов открыло новые возможности [1, 4,5, 8].

Анализ литературы показывает, что у детей распределение контактного, изменение удельного давления в коленном суставе в условиях деформации коленного сустава в зависимости от её вида, степени выраженности и возраста пациента практически не изучено. Не достаточно аргументированы показания для применения корректирующих остеотомий.

Материал и методы

С помощью испытательной машины «Zwick-1464» в лаборатории испытаний изделий и материалов ортопедо-травматологического назначения ЦИТО им Н.Н.Приорова изучены удельные нагрузки в области контакта суставных поверхностей мыщелков бедренной и большеберцовой костей при продольной компрессии в условиях искусственно созданной фронтальной и сагиттальной деформации коленного сустава разного вида и степени. Проводили четыре возрастные серии по 17 экспериментов: сначала с моделью деформации коленного сустава за счёт бедренной (68 экспериментов), затем – большеберцовой кости (68 экспериментов). Всего проведено 136 экспериментов.

В качестве экспериментального материала использовали анатомические препараты бедренных и большеберцовых

костей, изъятые у четырёх трупов детей в возрасте 8, 11-13 лет, смерть которых не была связана с повреждением костей коленного сустава. Анатомические препараты бедренных и большеберцовых костей изготовлены по специальной методике [14].

На бедренной кости выполнялась надмыщелковая, на большеберцовой кости – подмыщелковая остеотомии. Выполняли чрескостный остеосинтез фрагментов костей аппаратом Илизарова. Проводили моделирование околосуставных фронтальных и сагиттальных деформаций коленного сустава различной степени выраженности от 5^0 до 20^0 . Физиологическое вальгусное отклонение голени мы расценивали как нулевое положение. Мыщелки бедренной и большеберцовой костей интенсивно окрашивали копировальной краской. В межмыщелковое пространство помещали лист миллиметровой бумаги и прокладку из силиконовой резины марки 52336/4с, которая имитировала суставной хрящ человека. Толщина прокладки из силиконовой резины была 1,8 мм, её твёрдость – 68 ед. по шкале Шора (А). Эти показатели приближены к характеристикам хряща в коленном суставе. В тех случаях, когда деформация коленного сустава моделировалась с помощью дистального отдела бедренной кости, бумагу помещали под силиконовую прокладку и наоборот, когда деформация моделировалась с помощью большеберцовой кости, то бумагу укладывали на силиконовую прокладку. В экспериментальной машине «Zwick-1464» анатомические препараты костей после моделирования деформаций коленного сустава подвергались возрастному осевому нагружению от 330 до 500 Н со скоростью сжатия 5 мм/мин по биомеханической оси конечности. Использовалась шкала отчёта силы равная 1 кН (1000 Н). Диаграмма испытания записывалась самописцем. Точность измерения $\pm 1\%$ от применяемого диапазона шкалы измере-

ния силы. В результате эксперимента на листе миллиметровой бумаги появлялись оттиски контакта мышечков с различной интенсивностью окрашивания. Для оценки интенсивности окрашивания мы создали шкалу интенсивности окрашивания при нагрузке от 0,5 до 10 МПа. Оценивали интенсивность окрашивания в баллах.

$$\sigma \text{ (МПа)} = \text{нагрузка (Н)} / \text{площадь оттиска (мм}^2\text{)}.$$

В травматолого-ортопедическом отделении Рязанской областной детской клинической больницы (зав. отделением А.И.Шмелёв) с 1985 по 2005 г. лечились 13 детей с посттравматическими деформациями коленного сустава в возрасте от 9 до 14 лет.

Больных с деформациями дистального отдела бедренной кости было 5, из них в сочетании с укорочением – 1; с деформацией проксимального отдела кос-

По увеличению интенсивности окрашивания оттисков мышечков мы судили о росте контактного давления на суставной поверхности в соответствующем отделе коленного сустава.

Показатели удельного давления в коленном суставе определялись по формуле:

тей голени – 8, из них в сочетании с укорочением – 3. Вальгусная деформация коленного сустава имела место у 7 больных, из них в сочетании с рекурвационная деформация – у 2 больных; варусная деформация – у 6 больных, из них в сочетании с антекурвационной деформацией – у 2 больных.

Было выполнено **16** операций. Нами были применены различные виды оперативных вмешательств (табл.1).

Таблица 1

Остеосинтез	Коррекция деформации		Коррекция деформации с удлинением конечности		Всего
	Корректирующая остеотомия	Корректирующая кортикотомия	Корректирующая удлиняющая остеотомия	Корректирующая удлиняющая кортикотомия	
Аппарат Илизарова	2	4	2	2	10
Спице стержневой аппарат	1	2	–	1	4
Спицы	2	–	–	–	2
ИТОГО:	5	6	2	3	16

Результаты и обсуждение

Наивысшее удельное давление в коленном суставе в условиях фронтальной деформации дистального отдела бедренной кости отмечено при **10⁰**; в условиях фронтальной деформации проксимального отдела большеберцовой кости: при варусной **5⁰**, вальгусной **10⁰**.

Наивысшее удельное давление в коленном суставе в условиях сагиттальной деформации дистального отдела бедренной кости всех видов отмечено при **10⁰**; в условиях сагиттальной деформации про-

ксимального отдела большеберцовой кости: при рекурвационной **15⁰**, антекурвационной **10⁰**.

При деформациях коленного сустава с отклонением биомеханической оси, перераспределяется давление массы тела, увеличиваются в соответствующем отделе площади соприкосновения суставных поверхностей бедренной и большеберцовой костей, растёт контактное давление в этой области.

В медиальном отделе коленного сустава рост контактного давления нами

отмечен в эксперименте на анатомических препаратах 8, 11-13 лет:

- при варусной деформации бедренной кости 10^0 и большеберцовой кости 5^0 (4-10 МПа);

- при рекурвационной деформации большеберцовой кости 15^0 (4-7 МПа); в эксперименте на анатомических препаратах 12, 13 лет

- при антекурвационной деформации большеберцовой кости 10^0 (4-7 МПа).

В латеральном отделе коленного сустава рост контактного давления нами отмечен в эксперименте на анатомических препаратах 8, 11-13 лет:

- при вальгусной деформации бедренной и большеберцовой костей 10^0 (4-10 МПа);

- при сагиттальной деформации бедренной кости 10^0 (4-10 МПа). в эксперименте на анатомических препаратах 8, 11 лет

- при антекурвационной деформации большеберцовой кости 10^0 (4-7 МПа).

С увеличением степени деформации наступает критическая перегрузка, контактное давление становится запредельным (5-10 МПа). Площадь контакта заметно не увеличивается, остаётся почти неизменной.

Определены зоны деформаций бедренной и большеберцовой костей во фронтальной и сагиттальной плоскостях, при которых возникают упругие и пластические деформации суставного хряща. Для упругой деформации введен термин «безопасная» деформация. Для пластической – «повреждающая».

Зоны упругих деформаций дистального отдела бедренной кости:

- от варусной деформации 10^0 до вальгусной деформации 10^0

- от рекурвационной деформации 10^0 до антекурвационной деформации 10^0

Зоны упругих деформаций проксимального отдела большеберцовой кости:

- от варусной деформации 5^0 до

вальгусной деформации 10^0

- от рекурвационной деформации 15^0 до антекурвационной деформации 10^0

Упругие деформации переходят в пластические деформации, под действием которых происходит перегрузка хряща и в дальнейшем, возможно, его разрушение.

Зоны пластических деформаций дистального отдела бедренной кости:

- свыше 10^0 фронтальных и сагиттальных деформаций.

Зоны пластических деформаций проксимального отдела большеберцовой кости:

- свыше 5^0 варусной деформации;

- свыше 10^0 вальгусной деформации;

- свыше 15^0 рекурвационной деформации;

- свыше 10^0 антекурвационной деформации.

Таким образом, при наличии посттравматических пластических деформаций в области коленного сустава показано проведение ранних корригирующих остеотомий, коррекции биомеханической оси нижней конечности путём смещения её с центром коленного сустава с целью равномерного распределения давления массы тела на суставные поверхности и нормализации удельного давления в коленном суставе.

При *кортикотомии* максимально сохраняются остеогенные ткани и особенно костный мозг, который при сохранении питательной артерии обладает большими остеогенными возможностями. Это в сочетании с минимальной травматизацией окружающих тканей, а следовательно, и максимального сохранения кровообращения кости с их стороны в условиях стабильной фиксации приводит к значительному сокращению сроков формирования костного регенерата и обеспечивает возможность ранней нагрузки, что приводит к сокращению сроков функциональной реабилитации.

Для исправления деформаций нижних конечностей во всех плоскостях в сочетании с укорочением преимущество за *аппаратами внешней фиксации*, которые позволяют надежно фиксировать фрагменты, достигать нужной степени коррекции и ликвидировать укорочение различной величины.

Ближайшие результаты лечения изучены у всех больных. Результаты лечения деформаций коленного сустава в сроки от 1 года до 5 лет изучали у 12 детей. В результате проведенных операций у всех детей восстановлена правильная ось коленного сустава, ликвидировано укорочение. Частичный рецидив деформации до 10° отмечен в двух случаях. У одного ребёнка выявлено укорочение бедренной кости на 2 см. Осложнений в процессе лечения не было.

Выводы

1. Деформации коленного сустава приводят к повышению контактного давления в области суставных поверхностей. Оно меняется в зависимости от вида, степени деформации и возрастного показателя.

2. Деформации дистального отдела бедренной кости от 10° варусной до 10° вальгусной, от 10° антекурвационной до 10° рекурвационной; деформации проксимального отдела большеберцовой кости от 5° варусной до 10° вальгусной; от 10° антекурвационной до 15° рекурвационной относятся к **упругим** (до 4 МПа). Они являются «безопасными».

3. Фронтальные деформации дистального отдела бедренной кости свыше 10°, сагиттальные свыше 10°; деформации проксимального отдела большеберцовой кости варусная свыше 5°, вальгусная более 10°, антекурвационная свыше 10°, рекурвационная свыше 15° являются **пластическими**. Они вызывают повышение удельного давления в области мышечков бедренной и большеберцовой костей от 5 до 10 МПа и являются «по-

вреждающими» для суставного хряща.

4. Пластические деформации дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей являются показанием к коррекции биомеханической оси нижней конечности путём совмещения её с центром коленного сустава с целью равномерного распределения давления массы тела на суставные поверхности и нормализации удельного давления в коленном суставе. Ранние корригирующие остеотомии, направленные на нормализацию нагрузки на суставные поверхности, могут исключить или уменьшить риск перегрузки суставного хряща и развития деформирующего артроза.

5. Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в лечении посттравматических деформаций коленного сустава в сочетании с укорочением конечности является целесообразным и незаменимым. Использование методик компрессионно-дистракционного остеосинтеза позволяет полностью устранить деформацию, ликвидировать укорочение, сократить сроки и этапы лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возможности метода Илизарова в коррекции механической оси нижней конечности. Артемьев А.А. //13 научно-практическая конференция. Тезисы докладов SICOT. – СПб., 2002. – С. 8-9.
2. Математическое моделирование нагруженности коленного сустава и прогнозирование результата оперативного лечения. Денисов А.С., Белокрылов Н.М., Тверье В.М. //Гений ортопедии. – 2000. - №3. – С. 39-41.
3. Повреждения зон роста длинных трубчатых костей у детей и их лечение: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Домингуш Мойзеш. – М., 1997. – 18с.
4. Удлинение бедра с одновременным устранением деформации Илизаров Г.А., Трохова В.Г. // Тезисы к итог. науч. сессии институтов травматологии и ортопедии РСФСР совместно с Пленумом правления Всерос. науч. мед. о-ва травматоло-

- гов и ортопедов. – Л., 1968. – С. 128-130.
5. Лечение больных с деформациями коленного сустава методом Илизарова: (учеб.-метод. пособие). /сост.: С.Я.Зырянов. – Курган, 1992. – 25с.
6. Исходы повреждений зон роста длинных трубчатых костей у детей. Меркулов В.Н., Домингуш Мойзеш. // Хирургическая коррекция и восстановительное лечение повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей. – СПб., 1996. – Ч.1. – С. 112-114.
7. Оперативное лечение последствий повреждений зон роста длинных костей у детей Меркулов В.Н., Стужина В.Т., Дорохин А.И. //Тезисы докладов 20-й науч.-практ. конференции детских травматологов-ортопедов г. Москвы. – М., 1997. – С. 32.
8. Дистракционно-компрессионный метод лечения деформаций коленного сустава Мирозимов Т.М. // Компрессионно-дистракционный метод лечения травматолого-ортопедических больных. – Ташкент, 1987. – С. 38-41.
9. Клинико-биомеханические особенности и лечение больных с боковыми деформациями коленного сустава: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Татаренко С.В. – Харьков, 1971. – 24с.
10. Биомеханическое обоснование субэпифизарной корригирующей остеотомии большеберцовой кости как метода профилактики гонартроза. Трофимов Н.П. //Ортопедия, травматология и протезирование. – 1982. – №9. – С.39-40.
11. Оперативное лечение деформирующего артроза коленного сустава Ушакова О.А. //Актуальные вопросы травматологии и ортопедии: сб. тр. ЦИТО. – М., 1982. – Вып.25. – С.64-69.
12. Биомеханические расстройства при боковых искривлениях коленного сустава и их влияние на развитие деформирующего гонартроза. Чернов А.П. // Состояние сухожильно-мышечного аппарата при травмах и ортопедических заболеваниях. – Куйбышев, 1980. – С.146-151.
13. Оперативное лечение больных с деформациями коленного сустава. Шевцов В.И., Скляр Л.В., Коркин А.Я. //Гений ортопедии. – 1996. – №2-3. – С. 72.
14. Способ изготовления анатомических препаратов детских костей: удостоверение на рационализаторское предложение Ряз-ГМУ Росздрава № 1195 от 16.01.2006 г. Мнихович М.В., Панкратова Е.С., Супрунов К.Н. /.-М., 2006.
15. Bio-mechanics of the lower limb Dowson D., Seedhom B.J. [An. Introduction to the Biomechanics of Joints and Joint Replacement] // Ed. by // D. Dowson, V. Wrigh. London, Mech. Pub. L.t.d., 1981. – 254 p.
16. Korrekturosteotomien bei posttraumatischen Wachstumsstörungen. Morscher E., Jani L. // Der Orthopäde: – 1977.- Bd. 6, Heft 3. – S. 113-120.

BIOMECHANICAL BASIS OF OPERATIVE TREATMENT OF POSTTRAUMATIC DEFORMATIONS OF CHILDREN'S KNEE-JOINT

K.N.Suprunov

Suprunov showed the problem of children's treatment who have the posttraumatic deformations of knee-joint in combination with shortening of limbs. With the help of experimental machine "Zwick-1464" and the use of anatomic preparations of children's bones: thigh-bone and shin-bone we studied a distribution of contact pressure on articular surface depending on type, degree of deformations and age's index. We took the sizes of contact's places of articulate surfaces. We calculated the indexes of specific pressure in the area of condyles of the thigh-bones and shin-bones by the axle load from 330 to 500 H. We noted the zones of elastic and plastic deformations. For elastic deformations we used the term "safe", for plastic deformations – "injuring". Under observations there were 13 patients, who had 16 operations. Operative treatment on the basis of biomechanical aspects can exclude or decrease the risk of deforming arthrosis' development and can improve cosmetic and functional result of treatment.