

УДК 616.728.3-007.2

К вопросу о патологии менисков при фронтальных деформациях на уровне коленного сустава

Е.П. Бабуркина, Е.Д. Карпинская

ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко АМН Украины», Харьков

Ключевые слова: мениск, варусная деформация, артроз

In this article, problems of relationships between varus deformities on the knee joint level and the medial meniscus are examined. There is statistical and mathematical evidence of a destructive effect, produced by varus deformities on the medial meniscus. It was revealed that varus deformities on the knee joint level did not result from interventions on the medial meniscus. Progression of arthrotic changes in the tibiofemoral joint after removal of the medial meniscus without taking into account the varus deformity is statistically proved. It is recommended that interventions on the medial meniscus should be combined with correction of frontal deformities at the knee joint level.

Введение

Патология менисков коленного сустава приводит к развитию артрозов уже в ближайшие 7–10 лет после хирургического вмешательства у 20–40% больных, и что важно — это лица преимущественно молодого возраста. Относится это и к артроскопическим вмешательствам.

Развитие у большинства больных артроза после менискэктомии ставит перед врачом естественный вопрос: почему развивается артроз? По нашему мнению, хирурги не учитывают особенности строения коленного сустава, в том числе фронтальные деформации. Wu H. и соавт. [9] указывают, что причиной развития артроза после менискэктомии становится варусная или вальгусная деформация в коленном суставе, и при развитии артроза в случае genu varum/valgum рекомендуют высокую остеотомию большеберцовой кости или эндопротезирование коленного сустава. Magiani P.P. и соавт. [6] пришли к выводу, что варусное колено, возможно, является предрасполагающим фактором к развитию хондролита после частичной менискэктомии наружного мениска. Профессор Verdonk P. [8] про-

Розглянуто питання взаємозв'язку варусної деформації на рівні колінного суглоба з внутрішнім мениском. Статистично і математично доведено руйнівну дію варусної деформації на медіальний мениск. Встановлено, що в результаті втручання на медіальному мениску варусна деформація не розвивається. Статистично доведено прогресування артрозних змін у великогомілково-стегновому зчленуванні після видалення мениску без урахування варусної деформації. Рекомендовано втручання на медіальному мениску поєднувати з корекцією фронтальних деформацій на рівні колінного суглоба.

тивопоказанием к трансплантации менисков считает варусную деформацию на уровне коленного сустава. Однако мениск трансплантируют при сужении внутренней суставной щели по сравнению с наружной в два раза, после такой операции получают до 30% неудовлетворительных результатов.

Данная публикация посвящена клиническому исследованию вопросов взаимосвязи и взаимодействия варусной деформации на уровне коленного сустава и внутреннего мениска.

Материал и методы

С целью определения влияния варусной деформации на уровне коленного сустава на разрушение медиального мениска мы провели математическое моделирование ситуации нагружения медиального мениска в условиях нормы и варусной деформации [1]. Математическое моделирование нагрузок в коленном суставе при варусной деформации выполняли на основе рентгенометрических измерений геометрических размеров элементов коленных суставов. Для расчетов использовали итеративный градиентный метод, который реализован в про-

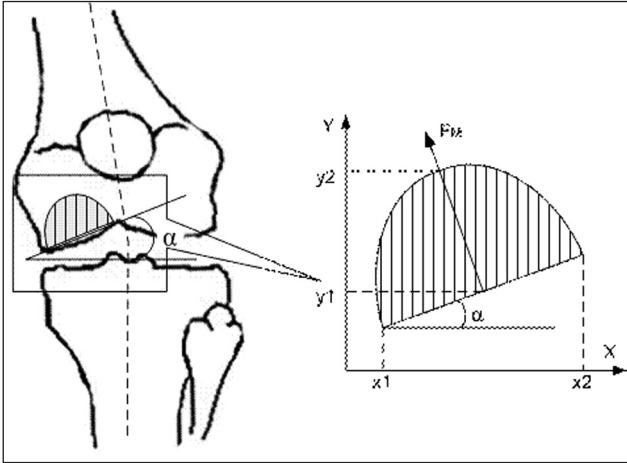


Рис. 1. Схема сил, действующих на медиальный мыщелок бедренной кости при варусной деформации коленного сустава: α — угол варусной деформации, F_M — равнодействующая сила

граммном комплексе математического моделирования VISSIM. Для уточнения причины варусной деформации на уровне коленного сустава были проанализированы анатомические изменения оперированного (после менискэктомии) и неоперированного коленного сустава больных с genu valgum. Для оценки результатов менискэктомии был проведен сравнительный анализ артрозных изменений в оперированном (удален внутренний мениск) и неоперированном коленном суставе. Для анализа результатов исследования был использован парный критерий Стьюдента [2].

Под нашим наблюдением было 16 пациентов с деформациями на уровне коленного сустава во фронтальной плоскости. Из них 12 ранее была проведена менискэктомия. Сроки от проведения менискэктомии до повторного обращения за медицинской помощью — от 4 мес до 30 лет.

Результаты и их обсуждение

Нарушение нагружения сустава — определяющий биомеханический фактор диспластического процесса. Любые структурные аномалии становятся причиной уменьшения несущих способностей суставных поверхностей, повышения удельного контактного давления и напряжения в структурах сустава в критических зонах. Нарушения нагружения приводят к дисбалансу сил, которые действуют в суставе. Варусная деформация с соответствующей варусной гиперпрессией приводит к разрушению нормального или диспластического медиального мениска. У всех больных в оперированном коленном суставе была варусная деформация (рис. 1). Был проведен вычислительный эксперимент для углов деформации (α), равных 0° , 8° , 16° и 25° [1].

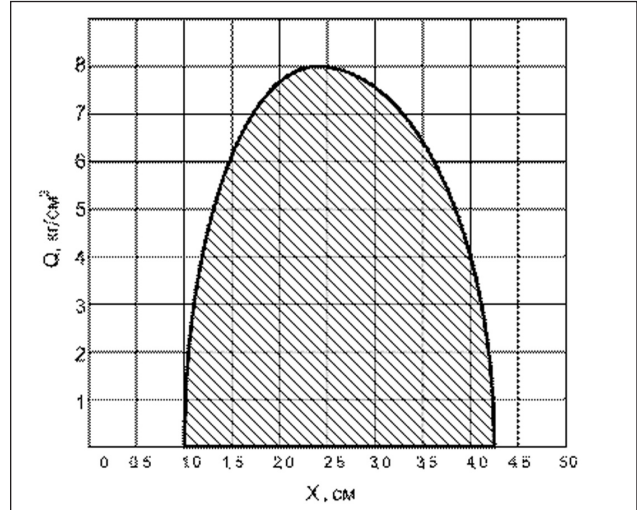


Рис. 2. Эпюра контактных давлений на медиальном мыщелке бедренной кости при $\alpha_1 = 8^\circ$

При угле α , равном 8° , контактное напряжение (рис. 2) на медиальном мыщелке бедренной кости достигает 0,79 МПа.

Рассмотрим влияние варусной деформации на хрящевой слой медиального мениска левого коленного сустава (таблица). При допущении, что в известных пределах упругий слой мениска подчиняется закону Гука, его (мениска) относительное сжатие ε определяется формулой:

$$\varepsilon = \frac{F_{1M}}{E \cdot A_M}, \quad (1)$$

где E — модуль упругости хряща, A_M — площадь мениска, F_{1M} — равнодействующая сила, определяемая по формуле

$$F_{1m} = L \int_{x_{a1}}^{x_{b1}} q_1(x, y) dx, \quad (2)$$

где L — ширина тела (размер по оси Z). Ось Z перпендикулярна плоскости UX , h — толщина упругого слоя, λ — перемещение слоя по нормам к контактным площадкам большеберцовой кости.

Площадь мениска найдем с определенным допущением как разность площадей полуокружностей с допуском $R = \frac{L}{2}$, центры которых смещены на величину

$$l_0 = \left(\frac{X_{e1} - X_{a1}}{2} \right).$$

Тогда площадь мениска найдем по формуле:

$$A_M = 2 \int_0^{\frac{L}{2}} \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 - x^2} dx - 2 \int_0^{\frac{L}{2} - l_0} \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 - (x - l_0)^2} dx = \pi \left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2} - l_0\right) \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2} - l_0\right)^2} + \left(\frac{L}{2}\right)^2 \arcsin \left(\frac{\frac{L}{2} - l_0}{\frac{L}{2}}\right) \quad (3)$$

При $L = 5$ см, $l_0 = 1,5$ получаем $A_M = 5,375$ см². Средняя ширина мениска $\frac{5,375}{5}$ равна 1,075 см, что согласуется с данными работы Павловой В.Н. [5].

Таблица. Зависимость относительного сжатия хряща мениска от варусной деформации на уровне коленного сустава

α , град.	F_M , Н	E , МПа	A_M , M^2	ϵ
0	790	6	5,4·10 ⁻⁴	0,244
0	790	12		0,122
8	1000	6		0,308
8	1000	12		0,154
16	1200	6		0,37
16	1200	12		0,185
25	1300	6		0,4
25	1300	12		0,2

Были проведены расчеты относительного сжатия хряща (E) при различных значениях угла варусной деформации (α). Известно, что значения E хряща варьируют от 6 до 12 МПа [3]. В таблице приведены значения E при различных значениях α от 0 до 25° и соответствующих силах F_M .

При угле α варусной деформации на уровне коленного сустава, равном 8°, и E , равном 6 МПа, относительное сжатие мениска увеличивается на 0,308, то есть на 30,8%.

Так как мениски принимают на себя 50% сжимающей нагрузки [4] при нормальных осевых взаимоотношениях на уровне коленного сустава, то при угле варусной деформации на уровне коленного сустава 8° сжатие мениска достигает 80% и хрящевой слой разрушается. Таким образом, варусная деформация на уровне коленного сустава вызывает разрушение медиального мениска.

С целью выявления влияния удаления медиального мениска на формирование варусной деформации на уровне коленного сустава были проанализированы угловые величины неоперированных и оперированных коленных суставов [2]. Был проведен анализ угла искривления, сагиттальной деаксации, угла связки надколенника Q , скошенности мыщелка большеберцовой кости и эпиметафиза большеберцовой кости кзади, индекса Insal-Salvati, критериев Blackburne, вертикальной ориентации надколенника, вертикальной ориентации бугристости большеберцовой кости, межфасеточного угла надколенника.

Угол варусной деформации неоперированного коленного сустава составлял в среднем (8,57±0,77)°, оперированного (состояние после менискэктомии) — (11,00±1,39)°, различия угла статистически незначимы ($p = 0,097$).

Сагиттальная деаксация на оперированном суставе составляла у всех больных 180°, в то же время на неоперированном была несколько ниже — (175,83±2,60)°, однако различия статистически незначимы ($p = 0,137$).

Угол связки надколенника Q на оперированном и неоперированном коленных суставах был не-

сколько больше нормы и составлял (7,6±0,22)° и (7,8±0,29)° соответственно. Различия в величине угла статистически незначимы ($p = 0,343$).

Скошенность внутреннего мыщелка большеберцовой кости оперированного коленного сустава была больше (8,40±0,83)°, чем неоперированного (7,2±0,97)°. Различия статистически незначимы ($p = 0,245$).

Скошенность кзади эпиметафиза большеберцовой кости оперированного сустава (11,42±2,64)° больше, чем неоперированного (9,57±1,81)°, различия статистически незначимы ($p = 0,64$).

Индекс Insal-Salvati на оперированном суставе находится на нижней границе нормы (0,92±0,03), в то же время на неоперированном — ближе к анатомической норме (1,00±0,08). Различия статистически незначимы ($p = 0,295$).

Критерий Blackburne оперированного сустава (0,81±0,05) меньше, чем неоперированного (0,91±0,09), различия статистически незначимы ($p = 0,212$).

Критерий вертикальной ориентации надколенника оперированного сустава в среднем составляет (0,93±0,06), а неоперированного — (0,97±0,10), различия статистически незначимы ($p = 0,528$).

Критерий вертикальной ориентации бугристости большеберцовой кости оперированной конечности составляет (1,81±0,05), неоперированной — (1,76±0,05), различия статистически незначимы ($p = 0,14$).

Межфасеточный угол оперированной конечности составляет (120,63±3,11)°, неоперированной — (121,09±3,13)°, различия статистически незначимы ($p = 0,341$).

Проведенный анализ показал, что фронтальная деформация на уровне коленного сустава у этих пациентов была двусторонней и различий между ними статистически не выявлено. Это исследование

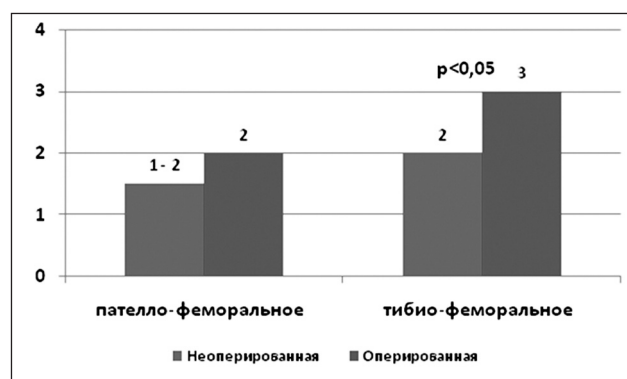


Рис. 3. Сравнительная характеристика стадий артроза пателло-фemorального и тибιο-фemorального сочленений оперированного (удален мениск) и неоперированного коленного сустава

подтвердило нашу концепцию о том, что варусная деформация на уровне коленного сустава развивается не от вмешательств на медиальном мениске.

Однако вмешательство на медиальном мениске способствует развитию артрозных изменений в тиббио-фemorальном сочленении. Нами был проведен анализ развития артрозных изменений в оперированном (удален медиальный мениск) и неоперированном суставе. Артроз пателло-фemorального сочленения оперированного и неоперированного сустава практически одинаков (I–II стадии на оперированной конечности и преимущественно II стадии на неоперированной), однако различия статистически незначимы ($p = 0,104$). Что касается артроза тиббио-фemorального сочленения, то в неоперированном суставе преимущественно отмечали артроз II стадии, а в оперированном (удален мениск) — III стадии. Для этого параметра различия статистически значимые, $p < 0,01$ (рис. 3).

Двенадцати из шестнадцати наблюдаемых пациентов, которым ранее был удален медиальный мениск, в сроки от 4 мес до 30 лет после операции на мениске в ИППС им. проф М.И. Ситенко АМН Украины мы выполнили вальгизирующую остеотомию большеберцовой кости. Четырем пациентам сразу выполняли вальгизирующую остеотомию большеберцовой кости в сочетании с вмешательствами на медиальном мениске. После выполнения вальгизирующей остеотомии большеберцовой кости за счет перенесения нагрузки с медиального отдела коленного сустава на латеральный раскрывали медиальную суставную щель. Это способствовало улучшению условий для восстановления хряща и уменьшению артрозных изменений. У пациентов, которым ранее была выполнена менискэктомия, артрозные изменения в коленном суставе были более выражены, чем у пациентов, которым выполнена остеотомия одновременно с вмешательствами на мениске.

Проведенные исследования подтверждают наше мнение о том, что удаление мениска в коленном суставе с фронтальными деформациями ведет к прогрессированию деформации и артроза в тиббио-фemorальном сочленении. Мы рекомендуем учитывать строение коленного сустава при планировании хирургических вмешательств на менисках. Перед операцией необходимо обязательно выполнять рентгенограммы коленного сустава в прямой проекции в положении стоя. При выявлении фронтальных деформаций на уровне коленного сустава, которые сочетаются с повреждением мениска, показано

выполнение корригирующей остеотомии большеберцовой кости в сочетании с вмешательствами на менисках.

Выводы

Проведенные нами исследования подтвердили, что варусная деформация на уровне коленного сустава оказывает разрушающее влияние на медиальный мениск.

Сравнительный анализ строения коленных суставов после удаления медиального мениска и без удаления мениска показал, что фронтальная деформация на уровне коленного сустава у данных пациентов была двусторонней и различий между ними статистически не выявлено. Это исследование подтвердило нашу концепцию о том, что варусная деформация на уровне коленного сустава развивается не от вмешательств на медиальном мениске.

Статистически доказано прогрессирование артрозных изменений в тиббио-фemorальном сочленении после удаления медиального мениска без учета варусной деформации. Поэтому вмешательства на медиальном мениске необходимо сочетать с коррекцией деформации.

Литература

1. Бабуркина Е.П. Биомеханические аспекты нагружения менисков коленного сустава (на основе математической модели) / Е.П. Бабуркина, З.Я. Лурье // Медицина и ... — 2007. — № 2 (17). — С. 49–54.
2. Бабуркина Е.П. Ошибки лечебно-диагностической тактики при сочетании патологии менисков и фронтальных деформаций на уровне коленного сустава / Е.П. Бабуркина: сборник научн. тр. XV съезда ортопедов-травматологов Украины, Днепропетровск, 16–18 сентября 2010. — 2010. — С. 401.
3. Денисов А.С. Математическое моделирование загруженности коленного сустава и прогнозирование результата оперативного лечения / А.С. Денисов, Н.М. Белокрылов, В.М. Твердь // Гений ортопедии. — 2000. — № 3. — С. 39–41. — ISSN 1028-4427.
4. Павлова В.Н. Синовиальная среда суставов / В.Н. Павлова. — М.: Медицина, 1980. — 296 с.
5. Haglund P. Die Hintere Patellaluxation / P. Haglund // ZBL. Chir. — 1926. — Bd. 52. — S. 1757–1762.
6. Mariani P.P. Chondrolysis after partial lateral meniscectomy in athletes / P.P. Mariani, R. Garofalo, F. Margheritini // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. — 2008. — № 16 (6). — P. 574–580.
7. Ricklin P. Die Meniskuslasion. Diagnostik, differential diagnostic und therapie / P. Ricklin, A. Ruttiman, M.S.D. Buono. — Stuttgart, 1980. — 130 p.
8. Verdonk P. Transplantation of Viable Meniscal Allograft / P. Verdonk, A. Demurie, F. Almqvist // J. Bone Joint Surgery, Surgical Techniques. — 2006. — Vol. 88-A, Suppl. 1, Part 1. — P. 109–118.
9. Wu H. Arthroscopic evaluation and treatment of the disorder resulted from open meniscectomy of the knee / H. Wu, Q. Xu, W. Zhou // Chung Hua Wai Ko Tsa Chin. — 1995. — Vol. 33. — P. 586–588.