

## РОЛЬ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ГЕНЕЗИСЕ АРТРОЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА

С.Р. Михайлов, П.И. Снисаренко,

Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И.Ситенко АМН Украины

### Введение

Общеизвестно, что артроз это "... процесс патологической перестройки сустава ... в ответ на разрушение" [2, 7]. Вместе с тем разрушения, исключая травматические, причиной которых является действие внешних механических факторов, без причин не возникают – "Беспричинных заболеваний нет" [1]. В настоящем исследовании, основанном на графоаналитическом методе, сосредоточимся на внутрисуставной патологии по формуле: "нормальная внешняя среда – нормальный организм – ненормальный сустав" [5, 6].

### Материалы и методы

Структуру костей, как прочностных элементов следует рассматривать системно, как с позиций сложнейших инженерных конструкций, так и с точки зрения имеющих биологических исследований.

В основу графоаналитического исследования положена схема нижней конечности вписанная в систему координат. При этом вертикаль (ось  $Z$ ) совмещена с биомеханической осью, условно здоровой конечности, когда она проходит через центры всех суставов: через центр головки тазобедренного сустава (ТБС), через межмышелковую ямку коленного сустава. Одновременно биомеханическая ось, совмещенная с вертикалью, принадлежит фронтальной плоскости (рис. 1, а), соответственно, любая проекция такой системы равноправна.

Предметом исследования стал диспластичный коленный сустав (ДКС) с аномальным внутренним мышелком (рис. 1, б). В этом случае биомеханическая ось, как и вертикаль (ось  $Z$ ) смещены внутри сустава на какую-то величину, которая регистрируется рентгенологически, благодаря рентгенонепроницаемой нити вертикально опущенной из центра ТБС на опорную поверхность при свободном двухопорном стоянии.

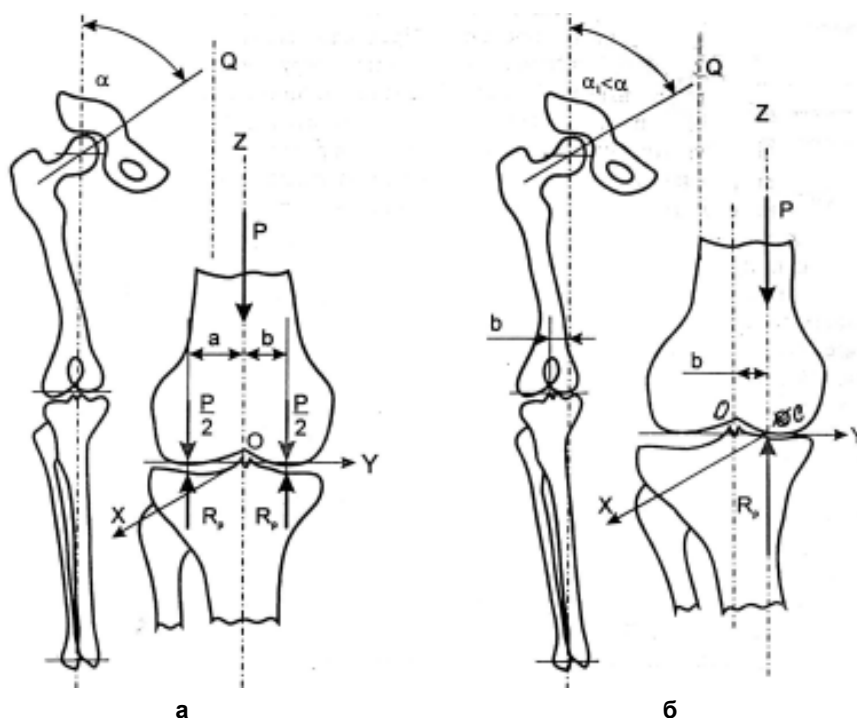


Рисунок 1. Схемы нижней конечности в прямоугольной системе координат (фронтальная плоскость):

- а) условно здоровый сустав;
- б) диспластичский коленный сустав в условиях варусной деформации

В отличие от “здорового” сустава нагрузка в ДКС распределяется иначе. Условно примем, что сила  $P$  полностью приходится на внутренний мышцелок, следовательно должно возникнуть избыточное давление на контактной поверхности сустава, в результате возникает дисбаланс его нагружения и, как следствие, возникают повышенные тракционные и фрикционные силы, являющиеся обязательными слагаемыми движения в суставе [7].

Мы предполагаем, что в ДКС в результате гиперпрессии возникает, как преобладающий, гиперфрикционный компонент, поэтому целью данного исследования является выявление в ДКС гиперфрикционных сил, определение их величин и направления действия.

### Результаты исследования и их обсуждение

Выполним проекцию ДКС на фронтальную плоскость таким образом, что его проекция сечения была представлена без искажения. Этот позволит обнаружить точку  $C$ , контактирующую с поверхностью большеберцовой и принадлежащую блоку бедренной кости. При этом определится расстояние “ $b$ ” от центра сустава  $O$  до обнаруженной точки  $C$ . Затем спроецируем сустав на сагиттальную плоскость таким образом, чтобы сечение сустава проходило через точку  $C$ , при этом ось  $Z$ , сила  $P$  и реакция  $R_p$  лежали на сагиттальной плоскости (рис. 2). Не трудно заметить, что при сгибании в ДКС точка  $C$  будет проецироваться в разных местах по обра-

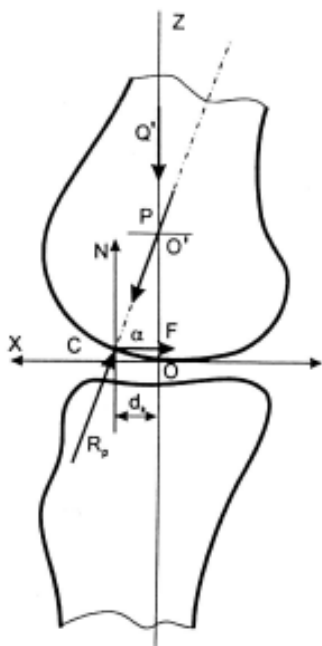


Рисунок 2. Схема расчета сил, действующих в ДКС (сагиттальная плоскость)

зующей блока, так как блок является спаренным параболоидом, но в тоже время всегда будет принадлежать сагиттальной плоскости. Восстанавливаем направление силы  $P$ , задаваясь произвольным значением угла  $\alpha$  (от  $0$  до  $90^\circ$ ) восстанавливаем реакцию в точке  $C$  от действия силы  $P$ . Строим составляющие силы  $N$  и  $F$  от действия силы  $P$  и ее реакции  $R_p$ . Полученные составляющие  $N$  как нормальную и  $F$  как касательную, при этом подлежащую определению как сила трения по контактными поверхностям сустава.

Рассмотрим равновесие блока бедренной кости, находящейся под действием четырех сил:  $Q, P, N$  и  $F$ . Обозначив через  $\alpha$  угол между осью  $X$  и направлением действия силы  $P$ , составим уравнение равновесия:

$$\sum F_{TX} = F - P \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{TC} = N - Q' - P \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_C = Pr \cos \alpha - (Q' + P \sin \alpha) f_x = 0 \quad (3)$$

В уравнении (3) за  $r$  принимаем условный радиус блока бедренной кости с мгновенным центром вращения  $Q'$ .

Решая составленные уравнения находим:

$$P = \frac{Q' f_x}{r \cos \alpha - f_x \sin \alpha}, \quad (4)$$

$$N = Q' + P \sin \alpha$$

Искомую фрикционную силу выразим через соответствующие уравнения:

$$F_T = f_x N \text{ или } F_T = f(Q' + P \sin \alpha) \quad (5)$$

Анализ уравнения (5) дает возможность установить, что фрикционная сила  $F_T$  находится в зависимости от суммирующей силы  $P$  и ее направления (угол  $\alpha$ ) действия на мышцелок коленного сустава.

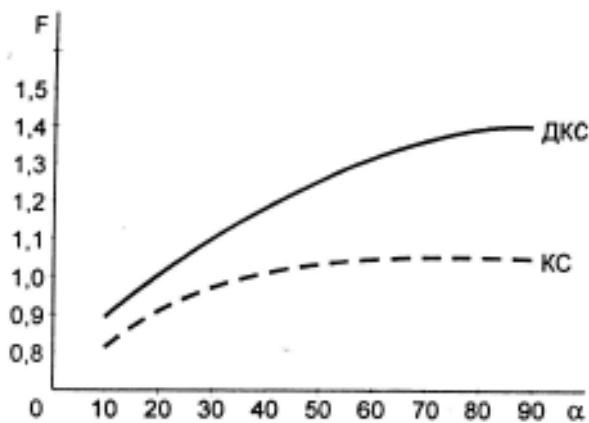
Задавшись неизменными величинами параметров  $Q', P$  и  $F_T$  обнаруживаем зависимость силы  $F_T$  от угла сгибания  $\alpha$  в коленном суставе (рис. 3).

На графиках представлены две ситуации нагружения КС:

- нагружение условно “здорового” КС силой  $P/2$  (штриховая линия);
- нагружение ДКС силой  $P$  (сплошная линия).

Сгибание в КС осуществлялось от положения разогнутого ( $\alpha = 0^\circ$ ) до  $\alpha = 90^\circ$  с интервалом  $\Delta\alpha = 10^\circ$ .

Анализ графиков наглядно показывает, что фрикционная сила  $F_T$  в диспластическом суста-



**Рисунок 3. График зависимости фрикционной силы от угла сгибания в коленном суставе:**

КС – условно “здоровый” коленный сустав;  
 ДКС – диспластический коленный сустав

### Литература

1. Аристотель. О частях животных. – М.: Биомедгиз, 1937. – 105 с.
2. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М.: Изд. МГУ, 1983. – 80 с.
3. Дильман В.М. Четыре модели медицины. – Л.: Медицина, 1987. – 286 с.
4. Образцов И.Ф., Ханин М.А. Оптимальные биомеха-

ве возрастает не прямолинейно и при сгибании конечности в КС до  $\alpha = 90^\circ$  увеличивается почти на 30% по отношению к “здоровому”.

### Выводы

В ДКС нагруженный мышцелок большеберцовой кости при наличии варусной деформации подвержен гиперпрессии силами, в определенной мере превышающими силы, возникающие в условно “здоровом” суставе, что должно привести к прогрессу интегральной взаимосвязи между прессионными, тракционными и фрикционными силами, причем в интенсивном режиме, что в свою очередь должно привести к состоянию повышенного износа в КС со всеми вытекающими последствиями.

В ДКС возникает повышенная гиперфрикционная сила, вызывающая ускоренный процесс разрушения сустава.

нические системы. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.

5. Сименач Б.И., Лазаревич Н.В., Михайлов С.Р., Снисаренко П.И. // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1998. – №4. – С.5-11.

6. Сименач Б.И., Михайлов С.Р., Пустовойт Б.А. и др. / Ортопедия, травматология и протезирование. – 1995. – №2. – С.3-10.

7. Сіменач Б.І. Спадково-схильні захворювання суглобів: теоретико-методологічне обґрунтування (на моделі колінного суглоба). – Харків: Основа, 1998. – 221 с.

8. Янсон Х.А. Биомеханика нижней конечности. – Рига: Зинатне, 1975. – 324 с.