

ЕНДОПРОТЕЗОВАНИЙ КОЛІННИЙ СУГЛОБ: КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДВОВИМІРНОГО РАДІОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

О. М. Михальченко¹, І. М. Зазірний¹, В. Г. Євсєєнко¹, І. М. Дикан², В. Ф. Юрченко

¹Клінічна лікарня "Феофанія" ДУС, м. Київ, Україна

²Науково-практичний центр променевої діагностики АМН України, м. Київ
Інститут електрозварювання ім. акад. Є. О. Патона НАН України, м. Київ

ARTHROPLASTY OF THE KNEE: QUANTITATIVE ESTIMATION OF FUNCTIONING ACCORDING TO THE RESULTS OF TWO-DIMENSIONAL X-RAY MONITORING

O. M. Mykhalchenko, I. M. Zazirnyy, V. G. Yevsyeyenko, I. M. Dikan, V. F. Yurchenko

Dynamic x-ray is a valuable investigation tool in study of kinematic changes of the knee joint before and after surgical treatment.

In the x-ray kinematography (two-dimensional imaging) there are no skin and soft tissue images what allows to analyze in cine mode only the motion of bone components of the knee joint basing on the video. As a result the dynamic integrated motion of the knee joint components in vivo is obtained.

In the article four main signs are proposed which reflect the knee joint biomechanics depending on the angle of the incline of the tibia to the femur in two-dimensional x-ray image. The obtained results of selected indices show the pronounced difference in the functioning of the knee joints in the three groups of selected patients. Besides the visualization of the joint motion in vivo the proposed method allows to obtain the quantitative assessment of the motion paths of the knee joint in the norm and after the knee arthroplasty according to results of the two-dimensional x-ray image.

Key words: knee, x-ray kinematography, kinematics, knee joint arthroplasty.

ЭНДОПРОТЕЗИРОВАННЫЙ КОЛЕННЫЙ СУСТАВ: КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДВУХМЕРНОГО РАДИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Е. М. Михальченко, И. М. Зазирный, В. Г. Евсеевко, И. Н. Дыкан, В. Ф. Юрченко

Динамическая рентгенография – ценный инструментальный метод исследования при изучении кинематических изменений в коленном суставе (КС) до и после оперативного лечения.

При рентгенокинематографии (двухмерное изображение) отсутствует изображение кожи и мягких тканей, что позволяет анализировать движение только костных компонентов коленного сустава на основании видео. В результате получаем динамическое объединенное движение in vivo компонентов сустава.

В работе предложены четыре признака, которые отображают биомеханику КС в зависимости от угла наклона большеберцовой кости к бедренной при двухмерном рентгенологическом исследовании. Полученные результаты выбранных показателей демонстрируют выраженное расхождение в функционировании коленных суставов выбранных трех групп пациентов. Предложенная методика, кроме визуализации движения КС in vivo, позволяет получить количественную оценку траектории движения коленного сустава в норме и после эндопротезирования, сформированную по результатам двухмерного рентгенологического контроля.

Ключевые слова: коленный сустав, рентгенокинематография, кинематика, эндопротезирование коленного сустава.

Вступ

В останні десятиліття спостерігається зацікавленість спеціалістів проблемою візуалізації та оцінки кінематичних параметрів колінного суглоба (КС) *in vivo*. Це стає можливим завдяки розвитку нових технологій та удосконаленню існуючих діагностичних систем. У практичній медицині визначення якості оперативного лікування базується на клінічних шкалах оцінки

функції колінного суглоба (Lysholm Knee Scale та ін.). Рентгенологічне дослідження виконується на різних етапах післяопераційного періоду. За рентгенограмами оцінюється коректність імплантації компонентів ендопротеза та наявність структурних змін у кістковій тканині. Об'єктивна ж оцінка функції прооперованого КС стандартними рентгенологічними методами неможлива.

Прогрес хірургічних методик зумовлює створення досконалих імплантатів. Переважна більшість ендопротезів колінних суглобів, що застосовується нині, належать до групи конділярних анатомічних ендопротезів [1]. Досконалість ендопротезів перевіряється за допомогою складних оперативних систем. Різні типи рентгенівських апаратів та їх технічні можливості визначають методику дослідження кінематики КС в статичному положенні. У більшості випадків вирішення для біомеханічних систем через складності геометрії не може бути одержано аналітичним шляхом. Математичне моделювання включає так звану дискретизацію [3, 9]. До цього часу недостатньо вивчений такий суттєвий момент реабілітації після ендопротезування суглобів, як відновлення опорної функції оперованої кінцівки. У клінічній практиці відсутній єдиний метод вимірювання навантаження на ендопротезований суглоб у післяопераційному періоді та контролю за навантаженням [4, 8].

З літературних джерел відомо, що причини нестабільності компонентів ендопротеза КС вивчаються за допомогою методу динамічної рентгенокінематографії [6, 7].

Усе вищевикладене вказує на актуальність та перспективність дослідження щодо створення методики кількісної оцінки кінематики КС після тотального ендопротезування колінного суглоба (ТЕПКС). Це дозволить забезпечити хірурга більш точною, якісно новою інформацією про траєкторію руху в ендопротезованому колінному суглобі та допоможе об'єктивно оцінити результати лікування.

Мета роботи – кількісний аналіз рухів ендопротезованого колінного суглоба рентгенкінематографічним методом.

Матеріали і методи

Клініко-рентгенологічно обстежено 80 пацієнтів, які розподілено на 3 групи:

- *I група (контрольна)* – за клінічними і рентгенологічними критеріями пацієнти належали до варіанта норми – 35 пацієнтів віком від 35 до 50 років; чоловіків було 16, жінок – 19);
- *II група* – становили 24 пацієнти з діагнозом остеоартроз (ОА) III стадії, віком від 47 до 72 років; чоловіків було 14, жінок – 10);
- *III група* – становили 21 пацієнт після ендопротезування колінного суглоба віком від 47 до 72 років чоловіків було 9, жінок – 12; зі строками спостереження в ранній та у віддалений (від 1 до 8 років) післяопераційний період.

Рентгенологічне обстеження виконували в рентгенвідділенні клінічної лікарні "Феофанія", на універсальному цифровому рентгенапараті *Iconas R200*, з використанням стандартних укладок та методом рентгенокінематографії в боковій проекції. При виконанні рентгенокінематографії пацієнт розміщувався на столі рентгенапарата в горизонтальному положенні, лежачи на боці досліджуваного колінного суглоба. Динаміка рухів у колінному суглобі від максимального розгинання до максимального згинання фіксувалася на серії

флюорограм у боковій проекції. Кількість флюорограм при одному дослідженні становила 10–18. Ураховуючи цифровий режим рентгенологічного дослідження за цією методикою ступінь опромінення є мінімальним (не перевищує 0,08 мЗв).

Наступним кроком було обрання кісткових орієнтирів, за допомогою яких було б можливо оцінити характер руху компонентів колінного суглоба при згинанні. Важливо було обрати такі орієнтири, які можна відтворити на ендопротезованому колінному суглобі. Було запропоновано аналізувати рух компонентів КС за кутами, які утворювались дотичними лініями, проведеними до суглобових поверхонь стегнової й великогомілкової кісток та надколінка (рис. 1).

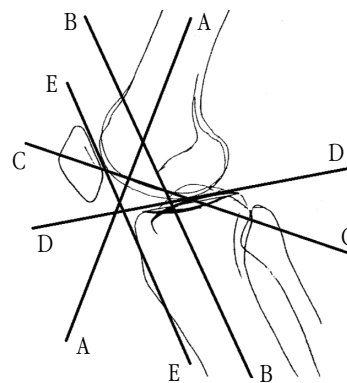


Рис. 1. Схематичне зображення колінного суглоба з графічним відображенням обраних ліній та кутів

Для оцінки траєкторії руху колінного суглоба обрані такі орієнтири:

- 1 – лінія AA – відповідає серединній осі стегнової кістки;
- 2 – лінія BB – відповідає серединній осі великогомілкової кістки;
- 3 – лінія CC – утворена між точкою доторкання виростків стегнової кістки до великогомілкової (найбільш наближена точка виростків стегнової кістки до суглобової поверхні великогомілкової кістки) та точкою на верхівці дистального полюса суглобової поверхні надколінка;
- 4 – лінія DD – паралельна суглобовій поверхні великогомілкової кістки;
- 5 – лінія EE – паралельна суглобовій поверхні надколінка.

Між обраними лініями утворені такі кути:

- f0 – кут між лініями AA та BB;
- f1 – кут, утворений лініями AA та CC;
- f2 – кут, утворений лініями DD та EE;
- f3 – кут, утворений лініями CC та DD;
- f4 – кут, утворений лініями CC та EE.

Отримані при цьому кути стали інформаційним джерелом, яке дозволило провести математичний аналіз отриманих даних.

За кожною рентгенограмою (рис. 2, 3) проводився підрахунок обраних для оцінки кутів. Отримані дані

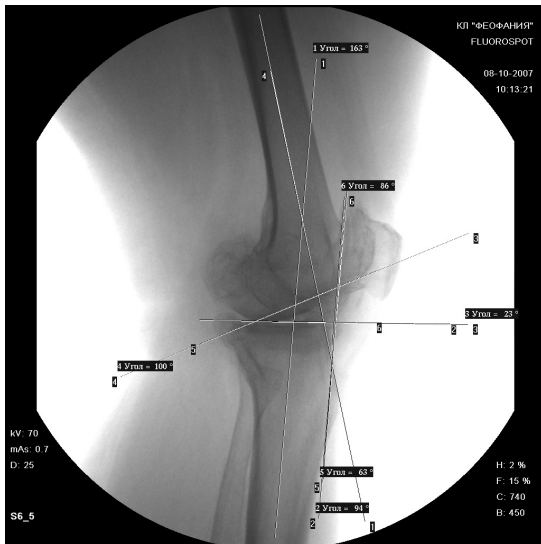


Рис. 2. Рентгенограма лівого колінного суглоба *хв-го С*, 72 р. – остеоартроз III стадії

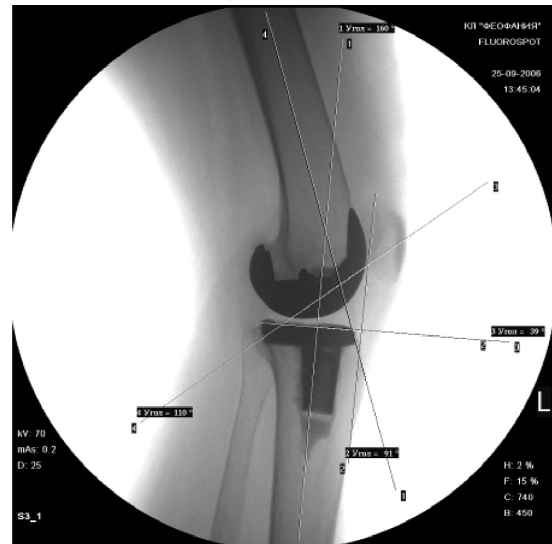


Рис. 3. Рентгенограма лівого колінного суглоба *хв-го Л*, 69 р. – ендопротез суглоба

(кути) були розподілені на 4 масиви, які на наступному етапі за допомогою математичної обробки (програмне забезпечення *MathCad*) були перетворені в безперервні функції.

Графіки кривих візуально демонструють характер руху компонентів колінного суглоба того чи іншого пацієнта за чотирма запропонованими ознакам та відображають біомеханіку КС залежно від кута нахилу великогомілкової кістки до стегнової при двовимірному рентгенологічному дослідженні.

У своїх дослідженнях ми вивчали траєкторію руху одного типу імплантів колінного суглоба, а саме анатомічних конділярних ендопротезів (*Zimmer "Nex-Gen", De Puy PFC Sigma, Stryker Scorpio, Biomet AGC V2*) з мінімальним та середнім внутрішнім напруженням, через те, що саме вони наймасовіше застосовуються в ендопротезуванні.

Результати та їх обговорення

- *На першому етапі* за досить представницькою вибіркою (35 пацієнтів) формується чотири сімейства дискретних кривих функціонування, що характеризують біомеханіку КС – *контрольна група*. Кожна із цих дискретних кривих за допомогою поліноміальної регресії перетворюється в безперервні функції. Потім, по кожному сімейству функцій формуються чотири середньостатистичних описи (*контрольна група*), що характеризують відповідне сімейство.

- *На другому етапі* для кожного сімейства виконується порівняння аналізованих описів (КС з остеоартрозом III стадії, ендопротезованих КС) з контрольними, які представлено графіками відповідних кривих: рис. 4 – для КС з ОА III стадії та рис. 5 – для ендопротезованого КС.

- *На третьому етапі* в результаті порівняння описів за кожною із запропонованих ознак формується величина, що показує ступінь відмінності аналізова-

них описів (остеоартрози, ендопротезовані КС) від контрольних.

Як міру порівняння описів у роботі вибрано такі загальноприйняті значення:

RR – середнє арифметичне відхилення середніх квадратичних відхилень, які відповідають дискретним точкам відносно 4 контрольних описів $z1(x) - z4(x)$;

ТТ – максимальне відхилення аналізуючих дискретних кривих від відповідних контрольних;

QM – максимальне середнє арифметичне відхилення усереднених максимальних відхилень ТТ.

Середні значення показників RR, ТТ, QM у *контрольній групі* становили відповідно: RR=4,738; ТТ=11,217; QM=6,955.

Для порівняння отриманих значень показників RR, ТТ, QM у пацієнтів з нормою, остеоартрозом КС та ендопротезом КС сформовано графіки кривих, які демонструють ступінь відмінності цих показників від показників *контрольної групи* (норми) (рис. 6, 7).

Порівнюючи сімейства кривих руху кісткових компонентів КС у обраних трьох груп пацієнтів, отримані дані, які кількісно відображають розходження у траєкторії руху колінного суглоба між контрольною групою та групами пацієнтів з ОА III стадії та ендопротезованими КС. Отримані результати за показником RR демонструють наближення показників ендопротезованих КС до норми (пацієнтів *контрольної групи*), лише в окремих пацієнтів показник RR виразно відрізняється від норми, що може свідчити про початкові декомпенсовані зміни в цьому ендопротезованому колінному суглобі.

Аналогічні зміни відмічаються при розгляданні показника ТТ, де зберігається тенденція вираженого наближення значень цього показника у пацієнтів II групи до норми. При оцінці показника QM також відмічається наближення значень цього показника в *контрольній групі* та у пацієнтів з ендопротезованими КС. Це відображає збіг отриманих результатів за трьома групами обраних показників.

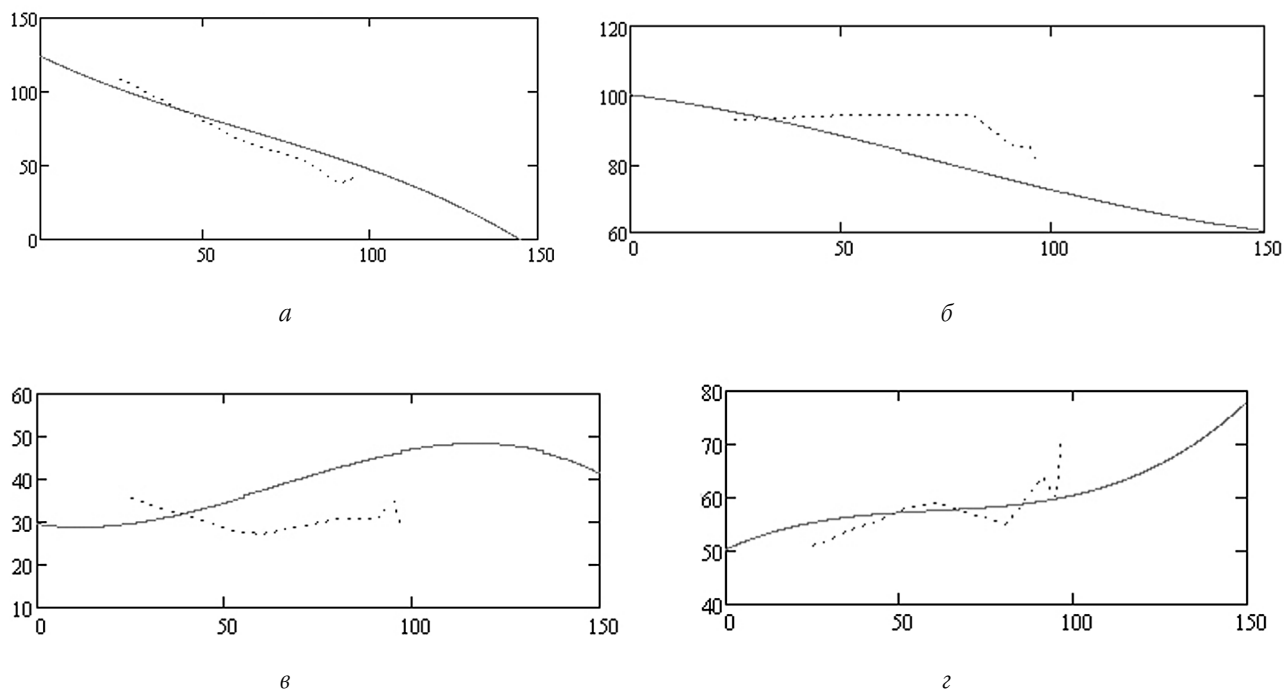


Рис. 4. Хв-й О. Остеоартроз колінного суглоба III стадії:
a – кут f_1 ; *б* – кут f_2 ; *в* – кут f_3 ; *г* – кут f_4 (позначено штриховою лінією);
z1–*z4* – кути здорового колінного суглоба (позначено суцільною лінією)

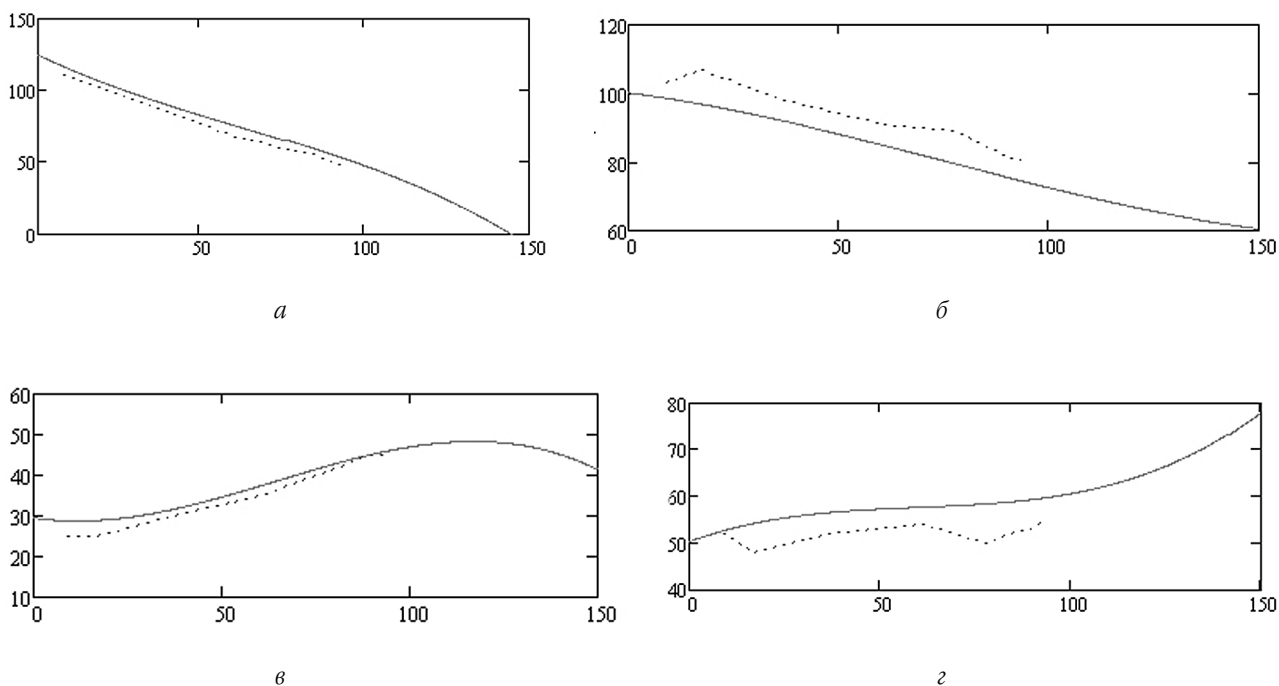


Рис. 5. Хв-й Б. Ендопротез колінного суглоба:
a – кут f_1 ; *б* – кут f_2 ; *в* – кут f_3 ; *г* – кут f_4 ; (позначено штриховою лінією)
z1–*z4* – кути здорового колінного суглоба (позначено суцільною лінією)

У результаті середньостатистичної обробки контрольних виборок отримані такі значення середньоквадратичних відхилень обраних ознак: $DRR=1,496$; $DTT=2,84$ і $DQM=2,076$.

Це свідчить про високий ступінь точності отриманих нами результатів згідно з запропонованою методикою дослідження.

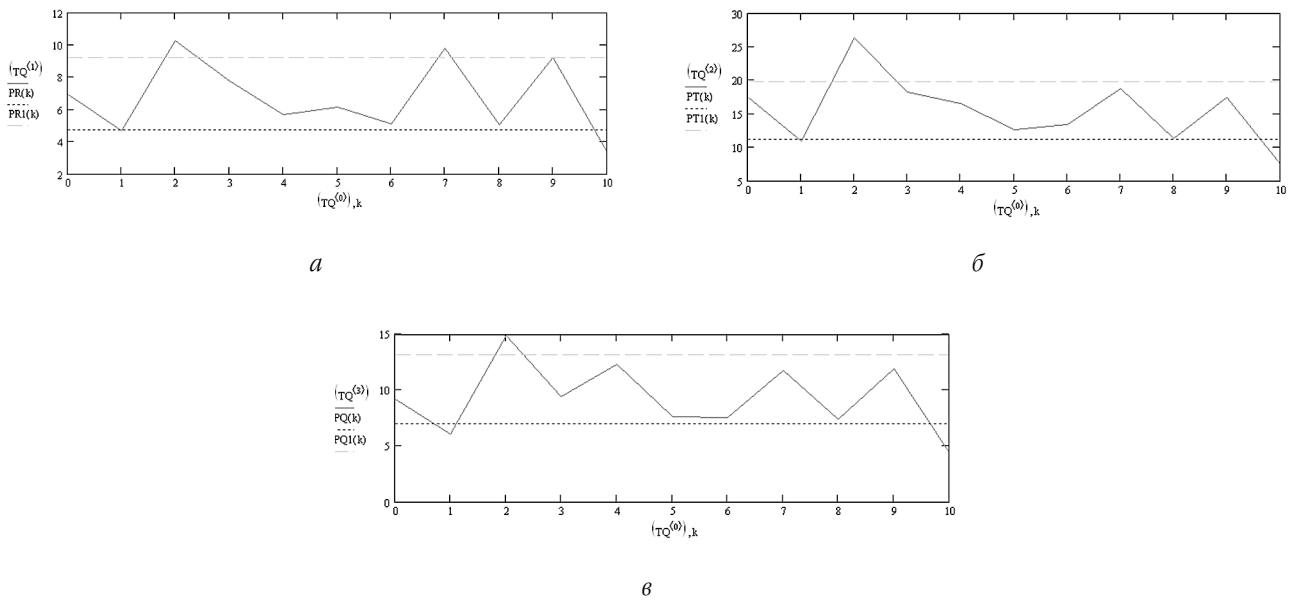


Рис. 6. Остеоартроз колінного суглоба:

a – графік показника RR, де TQ – значення показника RR у пацієнтів з ОА КС; PR(k) – середнє значення показника RR контрольної групи; PR1(k) – верхній поріг (Π) значення RR при відхиленні в 3 сигми (∂);
б – графік показника TT; *в* – графік показника QM

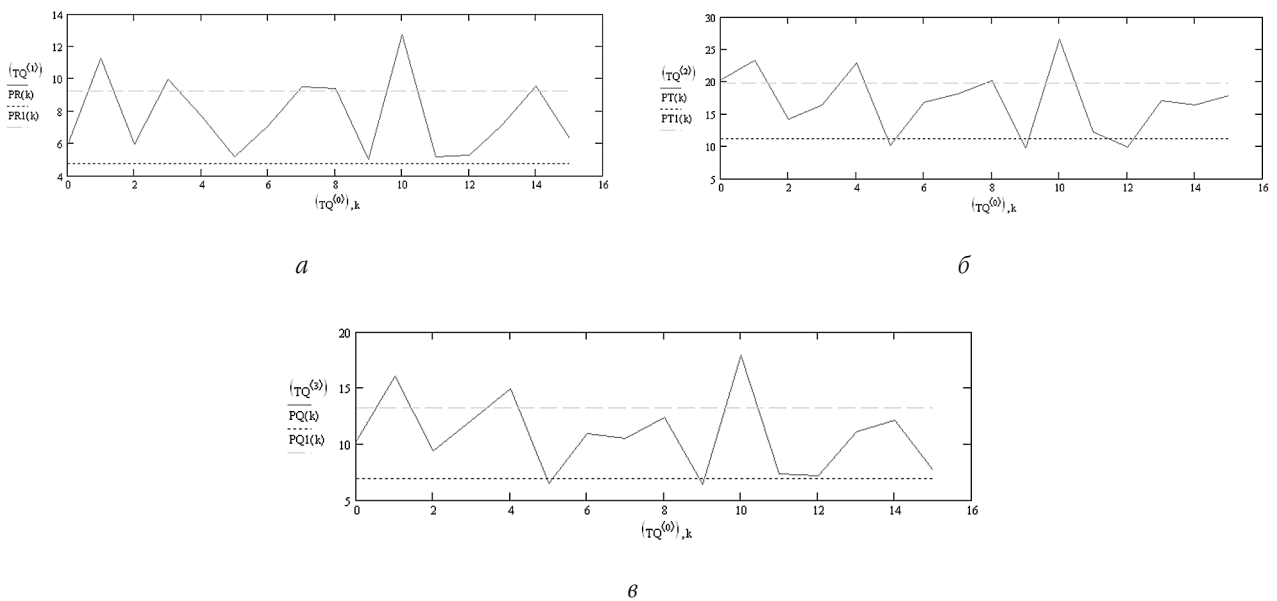


Рис. 7. Ендопротез колінного суглоба:

a – графік показника RR, де TQ – значення показника RR у пацієнтів з ендопротезом КС; PR(k) – середнє значення показника RR контрольної групи; PR1(k) – верхній поріг (Π) значення RR при відхиленні в 3 сигми (∂); *б* – графік показника TT; *в* – графік показника QM

Отже, кількісно визначено, що запропоновані ознаки відображають динаміку руху компонентів КС.

Висновки

У результаті проведеної роботи отримані величини, які характеризують ступінь відмінності контрольних описів (норми) з аналізованими (ОА III стадії, ендо-

протезовані КС). Графіки кривих руху кісткових компонентів КС візуально відображають відмінності функціонування колінного суглоба в нормі та у пацієнтів II і III групи. Запропоновані ознаки відображають динаміку руху компонентів КС та безпосередньо характеризують кожного з них. За даними кутів f можна оцінити відмінності руху в різних відділах колінного суглоба.

Запропонована методика дозволяє отримати кількісну оцінку траєкторії руху в колінному суглобі як на етапі діагностики захворювання, так і при оцінці якості ендопротезування. Отримані результати дають підставу провести кореляцію клінічних та рентгенкінематографічних результатів.

Література

1. *Зазірний І. М.* Класифікація моделей тотальних ендопротезів колінного суглоба / *І. М. Зазірний* // Ортопед., травматол. и протезир. – 2008. – № 4. – С. 112–115.
2. *Косинская Н. С.* Дегенеративно-дистрофические поражения костно-суставного аппарата / *Н. С. Косинская*. – Л. : Медгиз, 1961. – 196 с.
3. *Мителева З. М.* Исследование напряженно-деформированного состояния проксимального конца бедренной кости методом конечных элементов / *Мителева З. М., Сухинин В. П., Меллерович Г. М.* // Ортопед., травматол. и протезир. – 1984. – № 12. – С. 16–19.
4. *Янсон Х.* Личное сообщение / *Х. Янсон*. – София : изд-во, 1983. – 132 с.
5. *Asano T.* In vivo three-dimensional knee kinematics using a biplanar image-matching technique / *Asano T., Akagi M., Tamaka K. [et al.]* // Clin. Orthop. Rel. Res. – 2001. – Vol. 388. – P. 157–166.
6. *Banks S.A.* Accurate measurement of three-dimensional knee replacement kinematics using singleplane fluoroscopy / *S.A. Banks, W.A. Hodge* // Transactions on Biomedical Engineering. – 1996. – Vol. 43. – P. 638–649.
7. *Bingham J.* An optimized image matching method for determining in vivo TKA kinematics with a dual-orthogonal fluoroscopic imaging system / *J. Bingham, G. Li* // J. Biomech. Eng. – 2006. – Vol. 128, № 4. – P. 588–595.
8. *Bopp H.* Postoperative Behandlung nach Alloarthroplastik des Hüftgelenks / *H. Bopp*. – München : Schwarzeck Verl., 1995. – 215 d.
9. *Brekelmans W. A. M.* A new methods to analyze the mechanical behavior of skeletal parts / *Brekelmans W. A. M., Poort H. W., Sloof T. J. J.* // Acta Orthopedia Scand. – 1972. – Vol. 43, № 5. – P. 301–317.

УДК 612.67:577.7:616-053.9

БІОЛОГІЧНИЙ ВІК ХВОРИХ НА ОСТЕОАРТРОЗ І ОСТЕОПОРОЗ

В. П. Колодченко
ДУ “Інститут геронтології АМН України”, м. Київ

BIOLOGICAL AGE OF THE PATIENTS OSTEOARTHRITIS AND OSTEOPOROSIS

V. P. Kolodchenko

With help of set of tests for definition of biological age 1182 persons both males and females (539 practically healthy persons, 291 patients with osteoarthritis, 352 with osteoporosis) were examined. The investigation results showed that the rate of aging of healthy men in young age was higher than that in women. The analysis of results was evidence of the fact that between the rate of aging and chronic age pathology like osteoarthritis and osteoporosis there was a tight connection in particular in middle-aged persons.

Key words: biological age, rate of aging, osteoarthritis, osteoporosis.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ БОЛЬНЫХ ОСТЕОАРТРОЗОМ И ОСТЕОПОРОЗОМ

V. P. Kolodchenko

С помощью комплекса тестов для определения биологического возраста было обследовано 1152 человека обоих половых групп (539 – практически здоровых, 261 – больных остеоартрозом, 352 – больных остеопорозом). Результаты исследований показали, что темп старения у практически здоровых мужчин в молодом возрасте выше, чем у женщин. Анализ результатов исследований свидетельствует о том, что между темпом старения и хронической возрастной патологией остеоартрозом и остеопорозом существует тесная связь, в особенно в среднем возрасте.

Ключевые слова: биологический возраст, темп старения, остеоартроз, остеопороз.