

УДК 616.718.49-001.6.616.718.46-007.17

БУР'ЯНОВ О.А.<sup>1</sup>, КРИЩУК М.Г.<sup>2</sup>, КОСТОГРИЗ О.А.<sup>3</sup>, ЛИХОДІЙ В.В.<sup>1</sup>, ЄЩЕНКО В.О.<sup>2</sup>, ЗАДНІЧЕНКО М.О.<sup>1</sup><sup>1</sup>Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, кафедра травматології та ортопедії<sup>2</sup>НТУ України «Київський політехнічний інститут», кафедра динаміки, міцності машин та опору матеріалів<sup>3</sup>ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОРУШЕНЬ ПРИ НЕСТАБІЛЬНОСТІ НАКОЛІНКА, ЩО СУПРОВОДЖУЄТЬСЯ ДИСПЛАЗІЄЮ ВИРОСТКІВ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ (клініко-експериментальне дослідження)

**Резюме. Мета.** Дослідити особливості структурно-функціональних порушень при нестабільності наколінка з дисплазією виростків стегна за типом А та В.

**Матеріали та методи.** Артроскопічно обстежено 98 пацієнтів із нестабільністю наколінка, що супроводжується дисплазією виростків стегнової кістки. З дисплазією типу А — 65 (66,3 %) пацієнтів, типу В — 33 (33,7 %) пацієнти. Для визначення особливостей розподілу напруження в хрящі наколінка використовували розроблені динамічні імітаційні комп'ютерні моделі.

**Результати.** Більш тяжкий ступінь пошкодження хряща наколінка відмічався при нестабільності з дисплазією типу В ( $p < 0,05$ ). Ступінь пошкодження хряща наколінка залежить від тривалості захворювання ( $p < 0,05$ ). Нестабільність наколінка, що супроводжується дисплазією типу В, характеризується більшим напруженням у хрящі наколінка при 10-градусному згинанні колінного суглоба на 126 %, при 20-градусному — на 120 %, при 30-градусному — на 123 % ніж нестабільності наколінка з дисплазією типу А, при якій напруження в хрящі наколінка при 10-градусному згинанні колінного суглоба збільшилось лише на 116 %, при 20-градусному — на 105 % а при 30-градусному зменшилось на 16 %.

**Висновки.** Нестабільність наколінка з дисплазією типу В характеризується більш тяжким пошкодженням хряща наколінка в порівнянні з дисплазією типу А. Тяжкість пошкодження хряща обумовлена більшим напруженням у хрящі наколінка при дисплазії виростків стегнової кістки.

**Ключові слова:** нестабільність наколінка, дисплазія виростків стегнової кістки, пошкодження хряща.

### Вступ

Нестабільність наколінка — патологічний рух наколінка щодо міжвиросткової борозни [4]. У 96 % пацієнтів із вивихом наколінка зустрічається різного ступеня дисплазія виростків стегна, в загальній популяції дисплазія виростків стегна зустрічається у 3 % [2]. Найбільш часто зустрічається дисплазія типу А (54 %) та В (17 %) [3].

Дисплазія виростків стегна та наколінка корелює з розвитком артрозу та є одним із головних прогностичних факторів розвитку пателофemorального артрозу [1, 6].

Тривалість захворювання впливає на ступінь пошкодження хряща наколінка [5] та розвиток пателофemorального артрозу. Нестабільність наколінка становить 33 % від усіх причин розвитку пателофemorального артрозу.

Питання впливу геометрії міжвиросткової борозни (різних типів дисплазії виростків стегнової кістки) та стану м'якотканинних стабілізаторів на кінематику наколінка, розподіл напруження у хрящі пателофемо-

рального суглоба та можливі механізми пошкодження хряща наколінка при нестабільності, що супроводжується дисплазією виростків стегнової кістки, залишаються відкритими.

**Мета.** Дослідити особливості структурно-функціональних порушень при нестабільності наколінка з дисплазією виростків стегна типу А та В.

### Матеріали та методи

Для досягнення поставленої мети проведено артроскопічне дослідження та імітаційне комп'ютерне моделювання.

Артроскопічно визначали ступінь ушкодження хряща латеральної фасетки наколінка у 98 пацієнтів із

© Бур'янов О.А., Крищук М.Г., Костогриз О.А., Лиходій В.В., Єщенко В.О., Задніченко М.О., 2013

© «Травма», 2013

© Заславський О.Ю., 2013

нестабільністю наколінка, серед них 38 чоловіків та 60 жінок. Ступінь ураження хряща встановлювали за чотириступеневою класифікацією Outerbridge (1961) [8]. До легкого ступеня пошкодження хряща наколінка зараховували 1-шу та 2-гу ст. за Outerbridge, до важкого — 3-тю та 4-ту ст. за Outerbridge.

Порівняльний аналіз з оцінкою статистичної значимості різниці між групами при порівнянні частотних характеристик (якісних ознак) проводився з використанням критерію  $\chi^2$ . Оцінка всіх параметрів аналізу проводилась за рівнем статистичної значимості не нижче 95 % ( $p < 0,05$ ).

Для визначення типу дисплазії виростків стегнової кістки використовували аналіз рентгенограм у боковій проекції та аксіальні скани МРТ [9].

Верифікацію результатів артроскопічного дослідження проводили шляхом порівняння результатів комп'ютерного моделювання особливостей пошкодження хряща наколінка при згинанні колінного суглоба від  $0^\circ$  до  $30^\circ$ . Для визначення особливостей розподілу напруження в хрящі наколінка використовували власні розроблені динамічні імітаційні комп'ютерні моделі [7].

## Результати дослідження

Дисплазія виростків стегнової кістки типу А зустрічалась у 65 (66,3 %), типу В — у 33 (33,7 %) пацієнтів. Дисплазія виростків типу А переважала. Відмінність між пацієнтами з різними типами дисплазії за тривалістю захворювання статистично не значима —  $p > 0,05$  (табл. 1).

**Таблиця 1. Розподіл пацієнтів за тривалістю захворювання залежно від типу дисплазії**

Тривалість захворювання	Тип дисплазії виростків стегнової кістки		Всього, n = 98 (%)
	А, n = 65 (%)	В, n = 33 (%)	
До 1 року	9 (13,8)	5 (15,2)	14 (14,3)
2–3 роки	30 (46,2)	10 (30,3)	40 (40,8)
3–5 років	18 (27,7)	10 (30,3)	28 (28,6)
Понад 5 років	8 (12,3)	8 (24,2)	16 (16,3)

Примітки:  $\chi^2 = 3,3$ ;  $p = 0,34$ .

**Таблиця 2. Залежність ступеня пошкодження хряща наколінка від типу дисплазії виростків стегнової кістки**

Тип дисплазії (n)	Ступінь пошкодження хряща	
	Легкий, n = 59 (%)	Тяжкий, n = 39 (%)
А (65)	44 (67,7)	21 (32,3)
В (33)	15 (45,5)	18 (54,5)

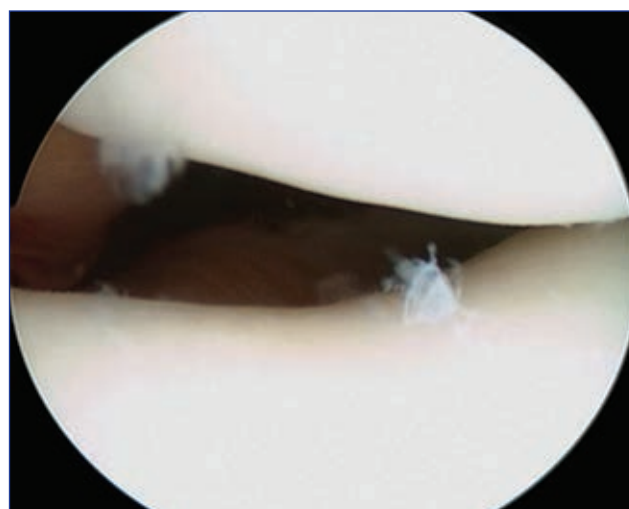
Примітки:  $\chi^2 = 4,5$ ;  $p = 0,033$ .

Легкий ступінь пошкодження хряща наколінка відзначали у 59 (60,2 %) пацієнтів (рис. 1), важкий — у 39 (39,8 %) пацієнтів (рис. 2). Серед пацієнтів із дисплазією виростків типу А легкий ступінь пошкодження хряща наколінка виявляли у 44 (67,7 %) пацієнтів, важкий — у 21 (32,3 %) пацієнта. Серед пацієнтів із дисплазією виростків типу В легкий ступінь пошкодження хряща наколінка виявляли у 15 (45,5 %) пацієнтів, важкий — у 18 (54,5 %) пацієнтів. Відмінність між пацієнтами з різними типами дисплазії за ступенем пошкодження хряща наколінка є статистично значимою —  $p < 0,05$  (табл. 2).

У пацієнтів із нестабільністю наколінка з дисплазією типу В переважав важкий ступінь пошкодження хряща наколінка ( $p = 0,033$ ).

Вивчаючи залежність тяжкості пошкодження хряща наколінка при дисплазії типу А від тривалості захворювання, ми знайшли статистично значиму різницю між пацієнтами з важким та легким ступенем пошкодження хряща наколінка —  $p > 0,05$  (табл. 3).

Аналогічну ситуацію отримали при вивченні залежності тяжкості пошкодження хряща наколінка при



**Рисунок 1. Пошкодження хряща наколінка 1-го ст.**



**Рисунок 2. Пошкодження хряща наколінка 3-го ст.**

**Таблиця 3. Розподіл пацієнтів із дисплазією типу А з легким та тяжким ступенем пошкодження хряща наколінка залежно від тривалості захворювання**

Тривалість захворювання	Розподіл пацієнтів із дисплазією типу А за тяжкістю пошкодження хряща наколінка		
	А, легкий, n = 44 (%)	А, тяжкий, n = 21 (%)	Всього, n = 65 (%)
До 1 року	8 (18,2)	1 (4,8)	9 (13,8)
2–3 роки	25 (56,8)	5 (23,8)	30 (46,2)
4–5 років	6 (13,6)	12 (57,1)	18 (27,7)
Понад 5 років	5 (11,4)	3 (14,3)	8 (12,3)

Примітки:  $\chi^2 = 15,02$ ;  $p = 0,002$ .

дисплазії типу В від тривалості захворювання. Статистично значима різниця була між пацієнтами з тяжким та легким ступенем пошкодження хряща наколінка залежно від тривалості захворювання —  $p > 0,05$  (табл. 4).

Отже, можна стверджувати, що тривалість захворювання впливає на тяжкість пошкодження хряща наколінка. Але у пацієнтів із дисплазією типу В частіше відзначали більш тяжкий ступінь пошкодження хряща наколінка —  $p > 0,05$  (табл. 2).

Цей факт пояснюється результатами комп'ютерного моделювання.

Рух наколінка і розподіл напруження у хрящі на латеральній та медіальній фасетці детермінований чіткою взаємодією латеральних та медіальних стабілізаторів, чотириголовим м'язом стегна та власною зв'язкою наколінка, а також геометрією наколінка та міжвиросткової борозни.

Напруження в хрящі наколінка при дисплазії типу А без пошкодження медіальної пателофemorальної зв'язки (модель А<sub>1</sub>, норма) характеризується поступовим наростанням із досягненням максимуму у 2,30 МПа при куті згинання колінного суглоба 30° (рис. 3, 5). Концентратори напруження розподіляють-

**Таблиця 4. Розподіл пацієнтів із дисплазією типу В з легким та тяжким ступенем пошкодження хряща наколінка залежно від тривалості захворювання**

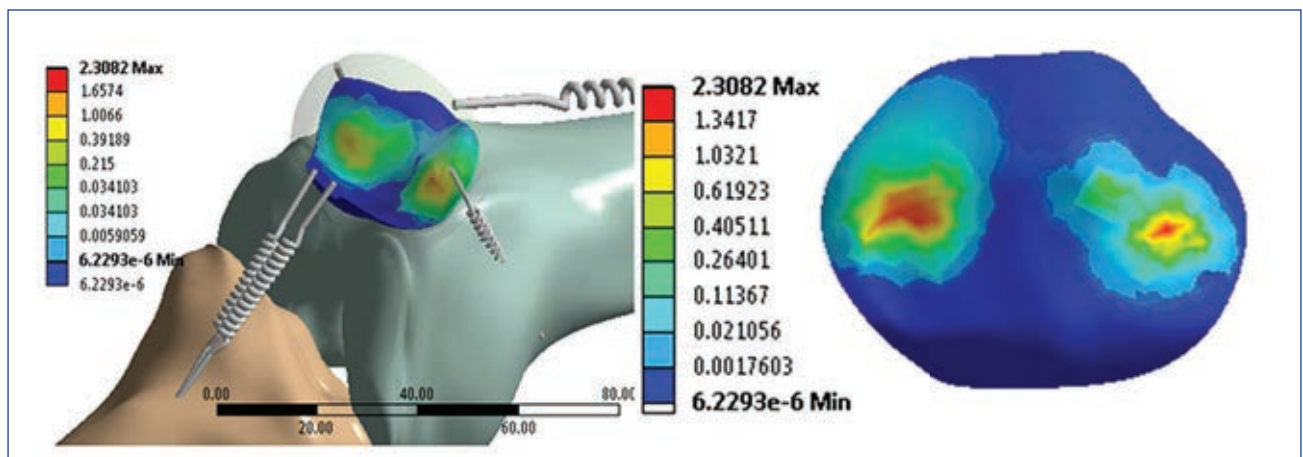
Тривалість захворювання	Розподіл пацієнтів із дисплазією типу В за тяжкістю пошкодження хряща наколінка		
	В, легкий, n = 15 (%)	В, тяжкий, n = 18 (%)	Всього, n = 33 (%)
До 1 року	3 (20)	2 (11,1)	5 (15,2)
2–3 роки	9 (60)	1 (5,6)	10 (30,3)
4–5 років	2 (13,3)	8 (44,4)	10 (30,3)
Понад 5 років	1 (6,7)	7 (38,9)	8 (24,2)

Примітки:  $\chi^2 = 14,6$ ;  $p = 0,002$ .

ся на медіальній та латеральній фасетці наколінка з переважанням на латеральній фасетці.

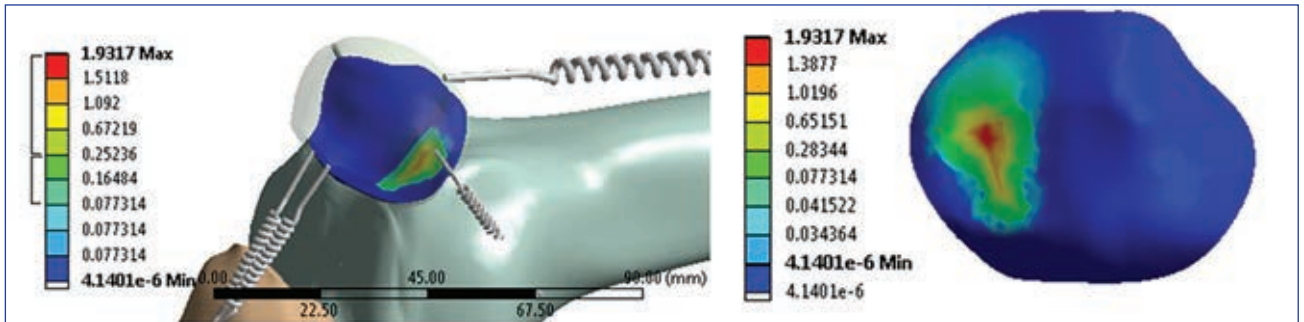
Напруження при нестабільності (пошкодження медіальної пателофemorальної зв'язки) наколінка, що супроводжується дисплазією типу А (модель А<sub>2</sub>, нестабільність), характеризується поступовим наростанням при згинанні колінного суглоба в діапазоні від 0° до 25°, з появою максимального напруження 2,09 МПа відповідно при 24° та 29° (рис. 4, 5). Концентратор напруження при нестабільності розташовується на латеральній фасетці наколінка та прогресивно зменшується залежно від кута згинання в порівнянні з нормою (рис. 4). При згинанні колінного суглоба на 30° еквівалентне за Мізесом напруження в хрящі наколінка становило 1,93 МПа.

При порівнянні напруження в моделях А<sub>1</sub> (дисплазія виростків стегнової кістки типу А без пошкодження медіальної пателофemorальної зв'язки) та А<sub>2</sub> (нестабільність наколінка — дисплазія виростків типу А з пошкодженням медіальної пателофemorальної зв'язки) виявлено тенденцію до збільшення напруження в хрящі наколінка при нестабільності на кутах згинання колінного суглоба від 0° до 25° (рис. 5) та появу концен-

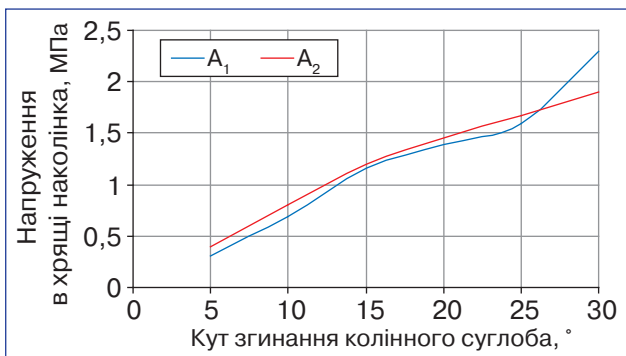


**Рисунок 3. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень (МПа) в хрящі наколінка в нормі, згинання колінного суглоба на 30°, при дисплазії виростків типу А**





**Рисунок 4.** Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень (МПа) в хрящі наколінка при нестабільності згинання колінного суглоба на 30°

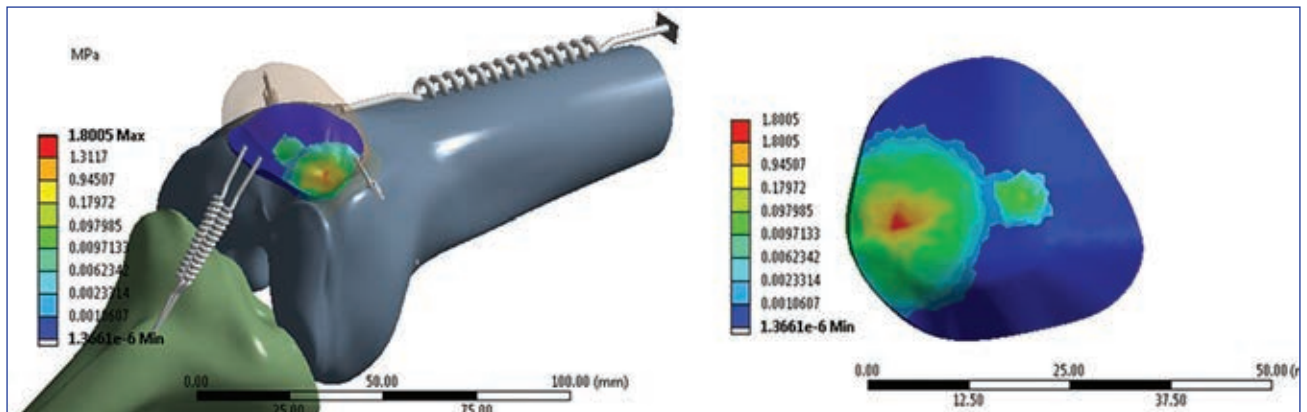


**Рисунок 5.** Залежність еквівалентних за Мізесом напружень у хрящі наколінка від кута згинання колінного суглоба в нормі та при нестабільності наколінка, що супроводжується дисплазією виростків стегнової кістки типу А

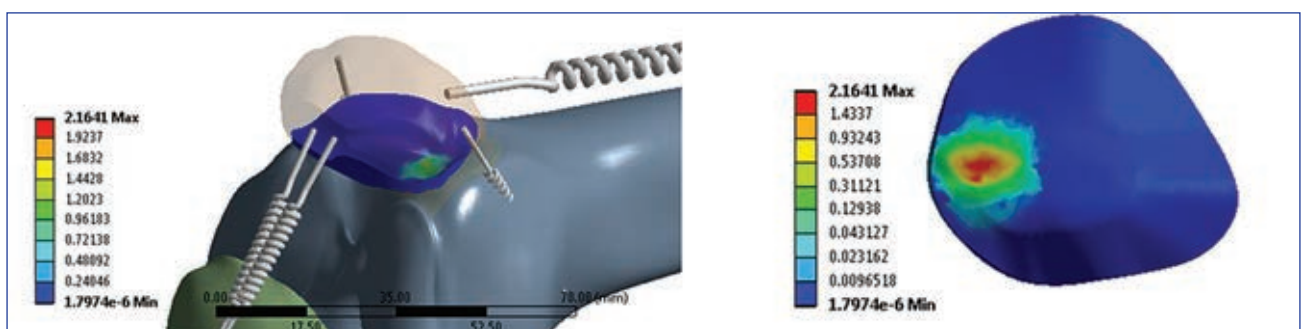
тратора напруження лише на латеральній фасетці при нестабільності (рис. 4).

Напруження в хрящі наколінка при нестабільності, що супроводжується дисплазією виростків стегнової кістки типу А, збільшилось на 116 % у порівнянні з нормою при куті згинання 10°, на 105 % — при куті згинання 20° (табл. 5).

Напруження в хрящі наколінка при дисплазії типу В без пошкодження медіальної пателофemorальної зв'язки (модель В<sub>1</sub>, норма) характеризується наростанням із досягненням максимуму 2,30 МПа при куті згинання колінного суглоба 22° (рис. 8). Концентратори напруження розподіляються на медіальній та латеральній фасетці наколінка з переважанням на латеральній фасетці. Напруження при куті 30° становить 1,80 МПа з локалізацією концентратора напруження на латеральній фасетці (рис. 6).



**Рисунок 6.** Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень (МПа) у хрящі наколінка в нормі, згинання колінного суглоба на 30° при дисплазії виростків типу В



**Рисунок 7.** Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень (МПа) в хрящі наколінка при нестабільності, згинання колінного суглоба на 30° при дисплазії виростків типу В

Таблиця 5. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у хрящі наколінка для моделей типу А та В залежно від кута згинання колінного суглоба

Кут згинання, °	Тип дисплазії А			Тип дисплазії В		
	А <sub>1</sub> , норма	А <sub>2</sub> , нестабільність		В <sub>1</sub> , норма	В <sub>2</sub> , нестабільність	
	Напруження в хрящі наколінка, МПа	Напруження в хрящі наколінка, МПа	Зміна напруження в хрящі наколінка у порівнянні з нормою А <sub>1</sub> , %	Напруження в хрящі наколінка, МПа	Напруження в хрящі наколінка, МПа	Зміна напруження в хрящі наколінка у порівнянні з нормою В <sub>1</sub> , %
10	0,69	0,80	116	0,70	0,88	126
20	1,39	1,46	105	1,17	1,40	120
30	2,30	1,93	84	1,80	2,22	123

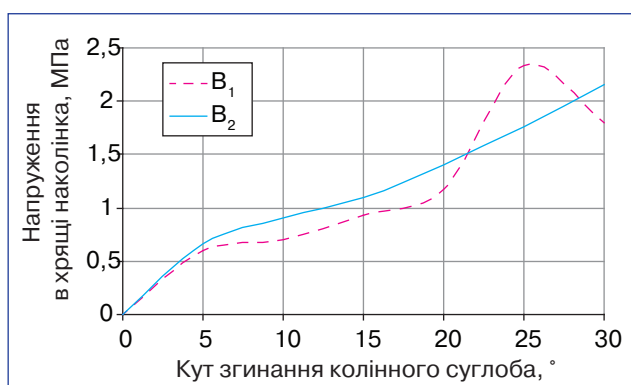


Рисунок 8. Залежність напружень у хрящі наколінка від кута згинання колінного суглоба в нормі та при нестабільності наколінка, що супроводжується дисплазією виростків стегнової кістки типу В

Напруження при нестабільності (пошкодження медіальної пателофemorальної зв'язки) наколінка, що супроводжується дисплазією типу В (модель В<sub>2</sub>, нестабільність), характеризується наростанням від 0° до 28° з появою максимального напруження 2,22 МПа при 28° (рис. 6). Концентратор напруження з'являється лише на латеральній фасетці наколінка.

При порівнянні моделі В<sub>1</sub> (норма) та В<sub>2</sub> (нестабільність) виявлено тенденцію до збільшення напружень у хрящі наколінка при нестабільності на кутах згинання колінного суглоба від 5° до 22° та від 28° до 30° (рис. 8) і появу концентратора напруження на латеральній фасетці при нестабільності наколінка (рис. 7).

Отже, нестабільність наколінка, що супроводжується дисплазією типу В, характеризується більшим напруженням у хрящі наколінка при 10-градусному згинанні колінного суглоба на 126 % при 20-градусному — на 120 % при 30-градусному — на 123 %, ніж нестабільності наколінка з дисплазією типу А, при якій напруження в хрящі наколінка при 10-градусному згинанні колінного суглоба збільшилось лише на 116 %, при 20-градусному — на 105 %, а при 30-градусному зменшилось на 16 % (табл. 5).

## Висновок

Нестабільність наколінка з дисплазією типу В характеризується більш тяжким пошкодженням хряща

наколінка в порівнянні з дисплазією типу А. Тяжкість пошкодження хряща при дисплазії типу В обумовлена більшим напруженням у хрящі наколінка, що виникає при пошкодженні медіальної пателофemorальної зв'язки. Стабільність наколінка при дисплазії типу В при недорозвинуті латеральному виростку стегна виявилась більш залежною від цілісності медіальної пателофemorальної зв'язки, ніж при дисплазії типу А.

## Список літератури

1. Dejour D., Allain J. Histoire naturelle de l'arthrose fémoro-patellaire isolée // Rev. Chir. Orthop. — 2004. — 90 (Suppl. 5). — 1S69-129.
2. Dejour H., Walch G., Nove-Josserand L. et al. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study // Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc. — 1994. — 2(1). — 19-26.
3. Dejour D., Le Coultre B. Osteotomies in patellofemoral instabilities // Sports. Med. Arthrosc. — 2007. — 15(1). — 39-46.
4. Fithian D.C., Neyret P., Servien E. Patellar instability: the Lyon experience // Techn. in Knee Surg. — 2007. — 6. — 112-123.
5. Franzone J.M., Vitale M.A., Shubin Stein B.E., Ahmad C.S. Is there an association between chronicity of patellar instability and patellofemoral cartilage lesions? An arthroscopic assessment of chondral injury // J. Knee Surg. — 2012 Nov. — 25(5). — 411-6.
6. Grelsamer R.P., Dejour D., Gould J. The pathophysiology of patellofemoral arthritis // Orthop. Clin. North. Am. — 2008. — 39(3). — 269-74.
7. Kryshchuk M., Buryanov A., Lykhodii V., Ieshchenko V. Computer modelling of patellar instability in association with trochlear dysplasia // Вісник машинобудування. — 2013. — Bun. 67. — С. 61-67.
8. Outerbridge RE. The etiology of chondromalacia patellae // J. Bone Joint. Surg. Br. — 1961. — 43. — 752-757.
9. Salzmann G.M., Weber T.S., Spang J.T., Imhoff A.B., Schöttle P.B. Comparison of native axial radiographs with axial MR imaging for determination of the trochlear morphology in patients with trochlear dysplasia // Arch. Orthop. Trauma Surg. — 2010. — 130(3). — 335-340.

Отримано 10.08.13 □

Бурьянов А.А.<sup>1</sup>, Кришук М.Г.<sup>2</sup>, Костокрыз О.А.<sup>3</sup>,  
Й ходей В.В.<sup>1</sup>, Ед енко В.О.<sup>2</sup>, Задниченко М.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний медичний університет імені  
А.А. Богомольця, кафедра травматології і ортопедії  
<sup>2</sup>України «Київський політехнічний інститут»,  
кафедра динаміки, прочності машин і сопро­тивлення  
матеріалів

<sup>3</sup>ГУ «Інститут травматології і ортопедії НАМН України»,  
г. Київ

### ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ НАДКОЛЕННИКА, СОПРОВОЖДАЮЩЕЙСЯ ДИСПЛАЗИЕЙ МЫШЦЕКОВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ (клинико-экспериментальное исследование)

**Резюме. Цель.** Исследовать особенности структурно-функциональных нарушений при нестабильности надколенника, сопровождающейся дисплазией мыщелков бедра типа А и В.

**Материалы и методы.** Артроскопически обследованы 98 пациентов с нестабильностью надколенника, которая сопровождается дисплазией мыщелков бедренной кости. С дисплазией типа А — 65 (66,3 %) пациентов, типа В — 33 (33,7 %) пациента. Для определения особенностей распределения напряжения в хряще надколенника использовали разработанные динамические имитационные компьютерные модели.

**Результаты.** Более тяжелая степень повреждения хряща надколенника определялась при нестабильности с дисплазией типа В ( $p < 0,05$ ). Степень повреждения хряща надколенника зависит от длительности заболевания ( $p < 0,05$ ). При нестабильности надколенника с дисплазией типа В отмечается большее напряжение в хряще надколенника при 10-градусном сгибании коленного сустава на 126 %, при 20-градусном — на 120 %, при 30-градусном — на 123 %, чем при нестабильности с дисплазией типа А, при которой напряжение в хряще надколенника при 10-градусном сгибании коленного сустава увеличилось только на 116 %, при 20-градусном — на 105 %, а при 30-градусном уменьшилось на 16 %.

**Выводы.** Нестабильность надколенника с дисплазией типа В характеризуется более тяжелым повреждением хряща надколенника в сравнении с дисплазией типа А. Тяжесть повреждения хряща надколенника обусловлена более высоким напряжениям в хряще при дисплазии мыщелков бедренной кости.

**Ключевые слова:** нестабильность надколенника, дисплазия мыщелков бедренной кости, повреждение хряща.

Buryanov O.A.<sup>1</sup>, Kryshuk M.G.<sup>2</sup>, Kostokryz O.A.<sup>3</sup>,  
Lykhodiy V.V.<sup>1</sup>, Yedenko V.O.<sup>2</sup>, Zhadnichenko M.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Medical University of Ukraine named after A.A. Bogomolets, Department of Traumatology and Orthopedics  
<sup>2</sup>National Polytechnic Institute of Ukraine, Department of Dynamics, Strength of Materials and Resistance of Materials

<sup>3</sup>State Institution «Institute of Traumatology and Orthopedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

### FEATURES OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL DISORDERS IN PATELLAR INSTABILITY ASSOCIATED WITH FEMORAL CONDYLE DYSPLASIA (Clinical and Experimental Study)

**Summary. The Aim.** To investigate the features of structural and functional disorders of patellar instability associated with femoral condyle dysplasia type A and B.

**Materials and Methods.** Arthroscopically we examined 98 patients with patellar instability associated with femoral condyle dysplasia. With type A dysplasia — 65 (66.3 %) patients, type B — 33 (33.7 %) patients. Dynamic computer simulation models were developed to determine the characteristics of the distribution of stress in the patellar cartilage.

**Results.** More severe degree of patellar cartilage injury was marked in instability with type B dysplasia ( $p < 0.05$ ). The severity of patellar cartilage injury depends on the duration of the disease ( $p < 0.05$ ). In patellar instability with type B dysplasia, greater tension is detected in patellar cartilage at 10° knee flexion by 126 %, at 20° — by 120 %, at 30° — by 123 %, than in patellar instability with type A dysplasia, when tensions in patellar cartilage at 10° knee flexion increased only by 116 %, at 20° — by 105 %, and at 30° decreased by 16 %.

**Conclusions.** Patellar instability with type B dysplasia is characterized by more severe patellar cartilage injuries compared with type A dysplasia. The severity of cartilage damage is caused by higher tension in the cartilage in femoral condyle dysplasia.

**Key words:** patellar instability, trochlea dysplasia, cartilage injury.