



ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦІЇ ПІДТРИМАННЯ
РІВНОВАГИ ТА ХОДЬБИ ХВОРИХ
З УРАЖЕННЯМ ПЕРЕДНЬОЇ
ХРЕСТОПОДІБНОЇ ЗВ'ЯЗКИ КОЛІННОГО
СУГЛОБА В ПЕРЕДОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ

Рой Ірина, Русанова Ольга, Русанов Андрій, Кравчук Людмила
ДУ «Інститут травматології і ортопедії НАМН України»
Національний університет фізичного виховання і спорту України

Анотація

На основе первичных биомеханических характеристик поддержания равновесия, полученных в ходе выполнения балансировочного теста у больных определены нарушения распределения нагрузки нижних конечностей при поражении передней крестообразной связки коленного сустава. Установлены различия опорных реакций у больных разных типологических групп, подтвержденные при выполнении шагового теста в процессе стабیلлографии. Разработаны рекомендации по баланс-тренинга на стабیلлоплатформы «Gamma Platform» для больных со средним и высоким уровнями асимметрии распределения нагрузки нижних конечностей.

Ключевые слова: стабیلлография, коленный сустав, поддержание равновесия, баланс-тренинг, восстановительное лечение.

Annotation

Based on initial biomechanical characteristics of maintaining balance obtained in the course of the balancing test in patients identified violations load distribution of the lower extremities with lesions anterior cruciate ligament of the knee joint. Installed differences support reactions in patients with different typological groups confirmed during stepper test during stabilography. The recommendations of the balance-training on stabiloplatform «Gamma Platform» for patients with medium and high levels of asymmetric load distribution of the lower extremities.

Key words: stabilography, knee, balance, balance training, rehabilitation.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Через складність своєї анатомічної будови і біомеханіки колінний суглоб серед усіх крупних суглобів пошкоджується найбільш часто і має схильність до значного ризику посттравматичних ускладнень. Понад 70 % кістково-м'язових уражень припадає саме на колінний суглоб [5].

Оскільки колінний суглоб є одним з найбільш активних і функціонально навантажуваних, йому належить провідна роль у статистиці травм капсульно-зв'язкового апарата [7], особливо – передньої хрестоподібної зв'язки [3].

Будучи основними внутрішньосуглобовими стабілізаторами, хрестоподібні зв'язки відіграють важливу роль у збереженні багатоплощинної стійкості колінного суглоба і біомеханіці всієї нижньої кінцівки [5]. При їх пошкодженні найчастіше страждає передня хрестоподібна зв'язка (ПХЗ) [6], яка контролює ротацію великої гомілкової кістки, обмежуючи її зсув назовні при згинанні і розгинанні суглоба і зсув наперед [10].

Результати здійсненого у ході дослідження теоретичного аналізу свідчать про невпинне зростання числа випадків травми



ПХЗ колінного суглоба до 80–85 випадків на 100 000 чоловік, особливо – серед молоді [9].

Невідповідна діагностика пошкоджень сумочно-зв'язкового апарату в гострому періоді травми (у 20–80% випадків) і подальше неадекватне лікування призводить до розвитку хронічної багатоплощинної нестабільності, швидкого прогресування дегенеративно-дистрофічних процесів у суглобі, що супроводжується значним зниженням працездатності та інвалідизацією хворих [8].

Велике значення в розробці методів лікування пошкоджень передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба мають артроскопічні способи [2]. Найбільш прогресивним методом відновлення її функції сьогодні є реконструкція. Такі операції дозволяють не лише зберегти нормальну біомеханіку колінного суглоба, але й запобігти ранньому розвитку посттравматичного гонартрозу [8].

При цьому кількість оперативних втручань з приводу пластики передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба становить 34 на 100 000 населення [5].

Метою фізичної реабілітації хворих після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба є відновлення функції підтримання рівноваги та ходи, покращення загального фізичного та емоційного стану хворого.

В області реабілітації хворих з патологією колінного суглоба, зокрема після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки, особливе місце займає проблема діагностики функціональних і рухових порушень, контролю ефективності лікувальних і тренувальних заходів. Використання різних рухових тестів, виконання яких оцінюється суб'єктивно, не дає кількісних показників. Вживання різної фото- і відеоапаратури лише в незначній мірі покращує якість оцінки, але, на жаль, не

дає можливості оцінити динаміку стану хворого з використанням кількісних характеристик [1]. Таким чином, застосування стабілометрії в процесі реабілітації хворих після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба дозволяє вирішити багато завдань, пов'язаних з проблемою підтримки рівноваги у вертикальній стійці та під час ходьби, включаючи безпосередньо тренування системи підтримки рівноваги.

Комп'ютерна стабілографія є одним з найсучасніших методів дослідження, що дозволяє реєструвати коливання тіла хворого за показниками опорних реакцій під час підтримання рівноваги чи ходьби.

Дослідження біомеханіки ходьби і вертикальної стійки тісно пов'язані з використанням для порівняння нормативних параметрів (середньої швидкості, темпу, довжини кроку), які можуть мати залежність від статі, віку і інших показників. Для ходьби має значення і темп кроку [4]. Так, якщо ходьба є стійким циклічним руховим актом і при цьому основні біомеханічні параметри ходьби залишаються незмінними у різних авторів [4], то для параметрів, що характеризують баланс у вертикальній стійці, порівнянність даних залишається значно нижчою. Тут важливі не лише методики конкретного дослідження (різний час реєстрації, положення стоп, системи координат, методи розрахунку параметрів і ін.), що відрізняються, але і, ймовірно, вища власна варіативність параметрів. Наявні в літературі дані з цього питання є суперечливими [9]. Наявність змін опорних реакцій, які визначаються при стабілографії, виражаються в статистично значимому перерозподілі ваги тіла на «здорову ногу». Таким чином, якщо для дослідження ходьби можна обмежитися в більшості випадків нормативними параметрами для довільного темпу кроку, то параметри підтримання рів-

новаги вимагають детальнішого дослідження їх динаміки зміни в процесі фізичної реабілітації хворих після реконструкції передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба, та, особливо, у передопераційному періоді.

Мета дослідження. Вивчити стан функції підтримання рівноваги та ходьби хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба за даними стабілографічного дослідження в передопераційному періоді фізичної реабілітації.

Використовувалися такі **методи дослідження:** аналіз літературних джерел, метод стабілографії (кроковий та балансувальний тести), методи статистичної обробки отриманих даних.

Стабілографічний аналіз застосований для оцінки реакції опори хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба. Хворим було запропоновано виконати кроковий та балансувальний тести на стабілоплатформі «Gamma Platform» (Ac international east). Даний комплекс дозволяє проводити стабілометрію і виконувати аналіз отриманих даних з графічним і числовим представленням інформації, розрахунком основних стабілографічних показників.

Результати дослідження та їх обговорення. У ході дослідження було обстежено 21 хворого з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба. Результатом 32 тижневої реабілітаційної програми стала зареєстрована при клінічному обстеженні чітка позитивна динаміка, важливою частиною якої стало відновлення функцій підтримання рівноваги та ходьби.

При первинному дослідженні змін опорних реакцій, що визначалися у процесі стабілографії під час виконання балансувального тесту, у хворих спостерігали перерозподіл ваги тіла на здорову кінцівку; так, зареєстровані показники навантаження інтактної



кінцівки були достовірно вищими від показників ураженої і становили – 39,08± 2,04 кг та 35,9±1,98 кг (p<0,05), відповідно. Крім цього, первинні біомеханічні характеристики навантаження на інтактну та уражену кінцівки характеризуються значною, до 41,7%, варіативністю (табл. 1). У більшості хворих відзначено дійсний дрейф значень. Мала місце асиметрія розподілу навантаження нижніх кінцівок (за різницею часу навантаження (домінанти)

інтактної та ураженої кінцівок) –30,65±12,78 %. Середні значення асиметрії навантаження на уражену та інтактну становили – 34,4±2,67 % та 63,48±2,59 % відповідно (за показниками домінанти часу навантаження, %).

Таким чином, у хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба підтримання балансу у вертикальній стійці забезпечується за рахунок перерозподілу ваги тіла на інтактну кінцівку.

Даний факт і визначив ключовий фактор диференційованого підходу до визначення нормативного діапазону характеристики підтримання рівноваги та виділення типологічних груп хворих за показниками різниці часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок.

Нормативний діапазон показника різниці часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок у передопераційному періоді реабілітації, як фактора,

Таблиця 1

Характеристики підтримання рівноваги хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба в передопераційному періоді фізичної реабілітації (n=21)

Характеристики підтримання рівноваги, зареєстровані у балансувальному тесті	Статистичні показники	
	x ± S	V, %
Навантаження на інтактну кінцівку, кг	39,08± 2,04*	5,81
Навантаження на уражену кінцівку, кг	35,9±1,98	5,51
Час навантаження (домінанта) на інтактну кінцівку, %	63,48±2,59*	4,08
Час навантаження (домінанта) на уражену кінцівку, %	34,4±2,67	7,76
Різниця часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок, %	30,65±12,78	41,7

Примітки: *– розходження достовірні при p<0,05 між показниками ураженої та інтактної кінцівок

Таблиця 2

Показники стабілографії хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба в передопераційному періоді фізичної реабілітації (під час виконання крокового тесту), n=21

Показники стабілографії		Статистичні показники		
		x ± m		
		низький рівень менше 17,86 % n=4	середній рівень 17,86–43,42 % n=13	високий рівень Більше 43,42 % n=4
Максимальна вага (за середнім мінімумом), кг	уражена	63,1±2,14*	42,36±16,38*	85,6±4,08*
	інтактна	64±3,01*	69,43±3,44*	85,0±2,19*
Тривалість кроку (за середнім максимумом), с	уражена	1,38±0,03*	2,11±0,23*	1,34±0,04*
	інтактна	1,39±0,06	1,67±0,19*	1,34±0,06*
Тривалість фази стояння (за середнім максимумом), с	уражена	1,18±0,02	1,19±0,13	0,99±0,02*
	інтактна	1,25±0,03	1,77±0,41*	1,04±0,003
Тривалість фази зсуву (за середнім значенням),с	уражена	0,21±0,01*	0,43±0,07*	0,32±0,002*
	інтактна	0,16±0,003*	0,41±0,09*	0,29±0,01*
Темп ходьби, кр. за хв.	уражена	46,63±1,23	40,07±3,91*	48,45±1,06
	інтактна	46,47±1,47	40,46±4,26*	48,46±1,89
Кількість кроків під час виконання тесту		85±0,06*	74±5,39*	88±1,23*

Примітки: *– розходження достовірні при p<0,05



що визначає можливості хворих до підтримання рівноваги, становить $30,65 \pm 12,78$ %.

Таким чином, на основі первинних біомеханічних характеристик балансу відбулося виокремлення типологічних груп хворих з різними рівнями асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок за показниками різниці часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок (табл. 2).

1. З високим рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок, при різниці часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок понад 43,42 % ($n=4$). Результати досліджень опорних реакцій у хворих цієї групи, що визначали у процесі стабілографії, свідчать про достовірне збільшення в середньому на 10,55 % кількості кроків під час виконання крокового тесту, при темпі 48 кроків за хвилину, який поступово збільшується. Під час ходьби у хворих спостерігали «дріботіння», що підтверджуються достовірно нижчими в середньому на 30,22 % показниками тривалості кроку ураженою кінцівкою та на 14,17 % інтактною відповідно. Тривалість фази стояння (за середнім максимумом) ураженої кінцівки скорочується на 19,1 %–20,2 % у порівнянні з показниками хворих інших груп (рис. 1 а).

2. З середнім рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок, при різниці часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок від 43,42 % до 17,86 % ($n=13$). У хворих спостерігали достовірне зниження ($p < 0,05$) показників ураженої кінцівки, у порівнянні з інтактною, а саме: максимальної ваги (за середнім мінімумом) на 38,98 %, тривалості фази стояння (за середнім максимумом) на 32,76 %, темпу ходьби на 17,29 %, та одночасне підвищення тривалості кроку (за середнім максимумом) на 20,85 % (рис. 1 б). Ці показники статистично достовірно відрізнялися від

аналогічних показників хворих інших груп. Показники тривалості фази зсуву ураженої кінцівки під час крокування достовірно не відрізнялися ($p > 0,05$) від показників інтактної кінцівки.

3. З низьким рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок – різниця часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок менше 17,86 % ($n=4$). У хворих реєстрували зменшення асиметрії ходьби за показниками ($p < 0,05$) максимальної ваги (за середнім мінімумом) та тривалості кроку (за середнім максимумом) інтактної та ураженої кінцівок (рис. 1 в). Темп ходьби та кількість кроків під час тесту були дещо вищими від показників групи хворих з середнім рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок на 14,06 % та 12,94 % відповідно.

Так, у функціональному періоді реабілітації (підвищеної фізичної активності), у хворих (табл. 3) з високим рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок ($n=4$), під час виконання балансувального тесту, спостерігали

перерозподіл ваги тіла на інтактну кінцівку, зареєстровані показники навантаження інтактної кінцівки були достовірно вищими від показників ураженої і становили – $36,6 \pm 0,12$ кг та $38,03 \pm 0,03$ кг ($p < 0,05$) відповідно, асиметрія розподілу навантаження нижніх кінцівок складала $29,9 \pm 1,74$ %.

У хворих із середнім рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок ($n=13$) відбулося достовірне зниження різниці часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок до $18,1 \pm 1,43$ % ($p < 0,05$) у порівнянні з передопераційним періодом.

Результати стабілографічних досліджень у функціональному періоді реабілітації (підвищеної фізичної активності) засвідчили той факт, що у хворих із середнім та високим рівнями асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок залишаються порушення рівноваги у вертикальній стійці, пацієнти продовжують переважувати інтактну кінцівку.

Таким чином, результати тестування, отримані у функціональному періоді реабілітації

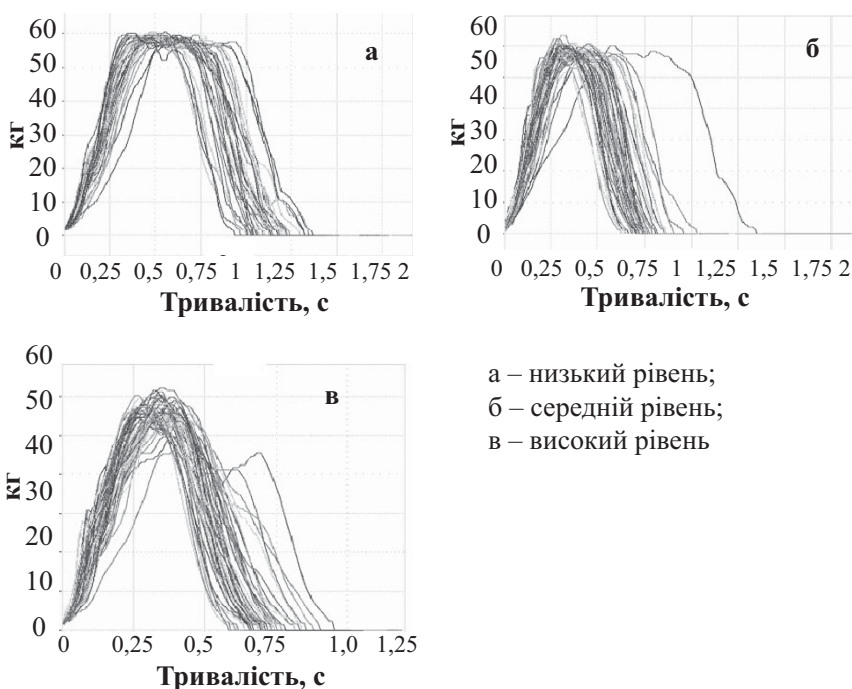


Рис. 1. Стабілограмми хворих з різними рівнями асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок у кроковому тесті (уражена кінцівка)



Характеристики підтримання рівноваги хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба у процесі фізичної реабілітації (n=21)

Характеристики підтримання рівноваги, зареєстровані у балансувальному тесті		Статистичні показники		
		x ± m		
		низький рівень менше 17,86 % n=4	середній рівень 43,42 %–17,86 % n=13	високий рівень більше 43,42 % n=4
Передопераційний період				
Навантаження, кг	уражена	37,01±0,51	35,4±0,03	33,8±0,11
	інтактна	40,9±0,22*	38,92± 0,15*	37,02±0,21*
Час навантаження (домінанта), %	уражена	40,7±1,89	36,53±2,75	25,4±0,64
	інтактна	55,6±1,43*	62,03±0,84*	71,5±1,87*
Різниця часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок, %		15,1±2,37	27,96±8,15	46,4±1,95
Функціональний період реабілітації (підвищеної фізичної активності)				
Навантаження, кг	уражена	40,9±0,83	38,5±0,04	36,6±0,12
	інтактна	41,24±0,68	39,2±0,11	38,03±0,03*
Час навантаження (домінанта), %	уражена	47,2±0,13	40,02±0,63	35,1±0,18
	інтактна	52,6±0,25*	58,1±1,19*	64,03±0,02*
Різниця часу навантаження (домінанти) інтактної та ураженої кінцівок, %		4,8±0,96	18,1±1,43	29,9±1,74

Примітки: * – розходження достовірні при $p < 0,05$ між показниками ураженої та інтактної кінцівок

(підвищеної фізичної активності), свідчать про необхідність застосування баланс-тренінгу в програмі відновного лікування хворих із середнім та високим рівнями асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок.

Нижче представлені рекомендовані варіанти баланс-тренінгу на платформі «Gamma Platform»:

У пізньому післяопераційному періоді реабілітації (з 6-го тижня)

– модуль вправ «Катер» – тривалістю 60–90 с, 2–3 серії, швидкість виконання вправи – 50% від максимальної, балансувальна чутливість – 50% / 50% на уражену та інтактну кінцівки, напрямок руху катеру співпадає зі стороною ураження;

– модуль вправ «Катання м'яча» – тривалістю 60–90 с, 2–3 серії, швидкість виконання вправи – 50% від максимальної, амплітуда – 50% від максимальної, кількість поворотів 3;

– модуль вправ «Сортування м'ячів» – тривалістю 60–90 с, 2–3 серії, швидкість виконання вправи – 50% від максимальної, 1 лунка.

Тривалість інтервалів відпочинку між вправами 60–90 с.

2. У функціональному періоді реабілітації (з 17-го тижня) – додаються модулі вправ «Стрибки з трампліну», «Скакалка». Тривалість вправ збільшується до 90–180 с, кількість серій 3–5 серій, швидкість та амплітуда виконання вправ до 75%. Кількість лунок модуль вправ «Сортування м'ячів» – 2. Кількість поворотів у модулі вправ «Катання м'яча» становить 5–8.

– модуль вправ «Стрибки з трампліну» – тривалістю 90–180 с, 3–5 серій, балансувальна чутливість – 50% / 50% на уражену та інтактну кінцівки, рефлексна чутливість – 50%;

– модуль вправ «Скакалка» – тривалістю 90–180 с, 3–5 серій,

висота стрибків 10–15 см, частота стрибків 0,1–0,2.

Тривалість інтервалів відпочинку між вправами 90–120 с.

3. У функціональному періоді реабілітації (підвищеної фізичної активності) (з 20-го тижня) додається модуль вправ «Комбінований». Тривалість вправ збільшується до 180–300 с, кількість серій 5–8 серій, швидкість та амплітуда виконання вправ до 100%. Кількість поворотів у модулі вправ «Катання м'яча» становить 10. Кількість лунок модуль вправ «Сортування м'ячів» – 3. Рефлексна чутливість у окремих вправах становить 100%. Висота стрибків у модулі вправ «Скакалка» – збільшується до 30 см., частота стрибків становить – 0,5–0,7.

– модуль вправ «Комбінований» – швидкість та розмір перешкод з кожною серією збільшується від 20% до 100%, рівень складності з 20 до 24 тижня – перший, з 24 до 28 тижня – другий, з



28 до 32 тижня – рекомендується третій рівень складності.

Тривалість інтервалів відпочинку між вправами 120 с.

Крім того, хворим з високим рівнем асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок рекомендується при виконанні модулів вправ «Катер» та «Стрибки з трампліну» на стабілоплатформі «Gamma Platform» необхідно зважати на те, що балансувальна чутливість при виконанні модулів вправ з 17-го тижня становить 60% / 40% на уражену та інтактну кінцівку, з 20-го тижня 70% / 30% , з 24-го тижня – 80% / 20%, з 28-го тижня – 90% / 10%, відповідно.

Висновки

Таким чином, на основі первинних біомеханічних характеристик підтримання рівноваги, отриманих у ході виконання балансувального тесту, у хворих визначено порушення розподілу навантаження нижніх кінцівок при ураженні передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба.

Встановлені відмінності опорних реакцій у хворих різних типологічних груп, підтверджені під час виконання крокового тесту у процесі стабілографії.

Розроблені рекомендації з баланс-тренінгу на стабілоплатформі «Gamma Platform» для хворих з середнім та високим рівнями асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Оцінка ефективності методики реабілітаційних заходів, що включає застосування баланс-тренінгу на стабілоплатформі «Gamma Platform», для хворих з ураженням передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба з урахуванням асиметрії розподілу навантаження нижніх кінцівок.

Література

1. Белова А. Н., Щепетова О. Н. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации / А. Н. Белова, О. Н. Щепетова. – М.: Антидор, 2002. – С.15–17.
2. Богатов В. Б. Артроскопическое хирургическое лечение травматических повреждений колленного сустава у детей (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. . д-ра мед. наук. : спец. 14.01.15 – травматология и ортопедия / В.Б. Богатов.– Саратов 2011.– 35 с.
3. Вагапова В. Ш. Морфологические основы травм менисков колленного сустава человека / Вагапова В. Ш., Рыбалко Д. Ю., Самоходова О.В. и соавт. – Материалы VIII Съезда травматологов-ортопедов России. — Самара, 2006. –С.485.
4. Витензон А. С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека / А. С. Витензон.— М. : ООО Зеркало–М, 1998.— 273 с.
5. Кузнецов И. А. Клинико-статистическая характеристика больных с травмой коленного сустава / И. А. Кузнецов, К. И. Шапиро, А. В. Селин – Человек и его здоровье : материалы VI Российского конгресса. СПб., 2001. – С. 94–95.
6. Лазишвили Г. Д. Оперативное лечение поврежденных связочно-капсульного аппарата коленного сустава: автореф. дис. . д-ра мед. наук. : спец. спец. 14.01.15 – травматология и ортопедия / Г. Д. Лазишвили.– М., 2005. – 36 с.
7. Плотников Г. А. Диагностика и лечение внутренних повреждений колленного сустава / Г. А. Плотников и др. – Плановые оперативные вмешательства в травматологии и ортопедии. СПб., 1992. – С. 18–19.
8. Чемирис А. И. Диагностика и лечение острой нестабильности колленного сустава / А. И. Чемирис.– Тез. докл. XI съезда травматологов ортопедов Украины. – Харьков, 1991. – С.234 – 235.
9. Abdelkafy A., Aigner N., Zada M., et al. Two to nineteen years follow-up of arthroscopic meniscal repair using the outside-in technique: a retrospective study// Arch Orthop Trauma Surg. –2007. –V. 127(4).– P.245–252.
10. Petersen W. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament / W. Petersen, B. Tillmann // Orthopäde. 2002. – Bd. 31. – S. 710–718.

