

УДК 616.728.3-018.3-089.168:615.825

**АПАРАТИ ПАСИВНОЇ РОЗРОБКИ РУХІВ ТА СИЛОВІ ВПРАВИ У РЕАБІЛІТАЦІЇ ХВОРИХ ПІСЛЯ АРТРОСКОПІЧНОГО МІКРОФРАКТУРУВАННЯ ХРЯЩА КОЛІННОГО СУГЛОБА***Рой І.В., Баяндіна О.І., Гугушкін Д. Ю.**ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”*

UDK 616.728.3-018.3-089.168:615.825

**DEVICES FOR PASSIVE MOVEMENTS ELABORATION AND POWER EXERCISES IN REHABILITATION OF PATIENTS AFTER ARTHROSCOPIC MICRO-FRACTURING OF KNEE JOINT CARTILAGE***Roy I.V., Bayandina O.I., Gugushkin D.Y.***SI “The Institute for Traumatology and Orthopedics” by NAMS of Ukraine****Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

В останні роки в Україні в ортопедичну практику для хворих з локальними ураженнями суглобового хряща широко впроваджується новий тип високотехнологічного оперативного втручання – кістково-мозкова стимуляція (1, 2), під час якої створюються умови для відновлення суглобового хряща за рахунок мезенхімальних клітин субхондральної кістки. Особливістю оперативного лікування є утворення фібринового згустку в ділянці хондрального дефекту, який поступово перебудовується в фібринозний хрящ. В експериментальних роботах було показано, що недиференційовані клітини під впливом рухів в суглобі диференціюються в хрящову тканину (3). Відсутність навантаження на суглобову поверхню протягом 2-х місяців сприяє ранньому фіброзному дозріванню, а вага тіла та суглобові навантаження затримують загоєння суглобового хряща (4,5). Безперервні пасивні рухи ефективніше впливають на відновлення хряща, ніж активні чи іммобілізація, стимулюючи мультипотентні мезенхімальні клітини до диференціації (6). В програмах реабілітації апарати безперервної розроб-

**Articulation of a problem. Analysis of the last studies and publications.**

In recent years in Ukraine a new type of high-tech surgery – bone marrow stimulation (1, 2) is being widely implemented into orthopedic practice for patients with local joint cartilage disorders, aimed to create conditions for renovation of mesenchymal cells in subchondral bone layer. Peculiarity of this surgical treatment method is creation of fibrin clot in the area of chondral defect; this clot gradually transforms into fibrinous cartilage. It has been proved by experimental studies that non-differentiated cells under the influence of movements of a joint are turned into cartilage tissue (3). The absence of loading on surface of a joint during 2 months promotes early fibrosis ageing, and body weight and loading on a joint hinder bone cartilage healing (4, 5). Constant passive movements are more efficient for aging of the cartilage than active ones or immobilization, because they stimulate multipotential mesenchyme cells to differentiation (6). In rehabilitation programs the devices for elaborating passive movements are applied from the first days after surgical treatment (7). After surgery, the weakness of knee joint extensors is observed



ки рухів використовуються з перших днів після оперативного втручання (7). Після операції у хворих часто спостерігається слабкість розгиначів колінного суглоба. Ці зміни зберігаються протягом тривалого часу. Слабкість м'язів викликає як іммобілізація, так і втрата можливості повного скорочення чотириголового м'язу стегна. Тривала слабкість розгиначів колінного суглоба впливає на його стабільність, що збільшує ризик повторних травм та прискорює розвиток гонартроза [8].

**Мета дослідження.** Визначити ефективність силових вправ у відновному лікуванні хворих та покращити результати за рахунок застосування апаратів безперервної пасивної розробки рухів у колінному суглобі у пацієнтів після артроскопічного мікрофрактурування локальних дефектів суглобового хряща.

**Методи дослідження:** Було обстежено 24 хворих з локальним пошкодженням (до 2 см<sup>2</sup>) суглобової поверхні медіального виростку стегнової кістки (III – IV стадія за Outerbridge). Середній вік пацієнтів складав 32,2 ± 5,3 роки. Всі хворі були прооперовані в клініках ДУ «ІТО НАМН України» та переведені для лікування у відділ реабілітації для відновного лікування. Хворі були розділені на дві групи: основну та контрольну, по 12 пацієнтів у кожній. Пацієнти обох груп отримували фізіотерапевтичні процедури (магнітотерапія, міостимуляція 4-х голового м'язу стегна), та лікувальну гімнастику за прийнятою у відділі методикою [10]. Пацієнти основної групи додатково займалися на апаратах безперервної пасивної розробки у ранньому післяопераційному періоді, а після відновлення опороспроможності, з 7 тижня, застосовували комплекс лікувальної гімнастики з силовим блоком вправ.

Метою реабілітації було захистити

quite often. These changes remain during quite long period of time. Weakness of muscles is caused as by immobilization, as by losing possibility of complete extension of thigh quadriceps muscle. Durable weakness of knee joint extensors affects its stability, increasing the risk of repeated traumas, as well as increases the speed of osteoarthritis development [8].

**Aim of the study.** To define the efficiency of power exercises for recovery treatment of patients, and improvement of the results thereof by use of devices for elaboration of constant passive movements in knee joints after arthroscopic microfracturing of local defects of joint cartilage.

**Methods of the study:** We studied 24 patients with local (up to 2 cm<sup>2</sup>) defects of joint cartilage on joint cartilage of femoral bone's medial condyle (III – IV stages according to Outerbridge). Average age of the patients was 32.2 ± 5.3 years old. All patients have been operated in clinics of SI "ITO NAMNU of Ukraine" and then transferred to the department of rehabilitation and recovery treatment. The patients have been subdivided into two groups: main and control, 12 patients in each one. Patients from the both groups received physiotherapeutic treatment (magnetic therapy, miostimulation of thigh quadriceps muscle) and remedial gymnastics following the methodic accepted in the department [10].

Patients of the main group additionally worked out on devices for constant passive elaboration of movements in early post-surgical period, and after recovery of weight-bearing capacity, 7<sup>th</sup> week after surgical treatment, they applied remedial gymnastics with complex of power exercises. The aim of rehabilitation was to protect the primary fibrin clot being formed while microfracturing, renew complete range of motion and function

сформований у процесі мікрофрактурування первинний фібриновий згусток, відновити повний обсяг рухів і функцію чотириголового м'яза стегна, зменшити запальні явища у колінному суглобі. Головна особливість програми – розроблення рухів у пасивному режимі без осьового навантаження [7], та застосування силових вправ (табл. 1).

of thigh quadriceps muscle, to decrease inflammation of knee joint. The main distinctive feature of the program was to develop motions in passive regime without axial loading [7] and to apply power exercises (Table 1).

Таблиця 1. Відсоткове співвідношення вправ у програмах відновного лікування  
Table 1. Interrelation of exercises in renovating treatment program

Вид вправ / <i>Type of exercises</i>	Стандартна програма / <i>Standard program</i>	Програма з силовим блоком / <i>Program with power complex</i>
Загально-розвиваючі вправи / <i>Calisthenic routine</i>	55%	25%
Силові вправи / <i>Power exercises</i>	20%	50%
Відновлювальні вправи / <i>Renovating exercises</i>	25%	25%

Всі пацієнти були обстежені: на початку курсу реабілітації, при виписці зі стаціонару, на початку повторного курсу (через 7 тижнів), по його закінченню та через 3 місяці під час контрольного обстеження. Для оцінки ефективності застосовували методики гоніометрії колінного суглоба (в нормі розгинання згинання  $0^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$ ) за загальноприйнятою методикою та візуально-аналогова шкала болю за десятибальною шкалою (ВАШ). За допомогою електротензодинамометрії визначали силові характеристики розгиначів колінного суглоба. З метою контролю набряку в колінному суглобі за допомогою сантиметрової стрічки вимірювали об'єм стегна на 10 см вище верхнього полюсу надколінка.

Крім того, під час контрольного обстеження додатково проводили кроковий

All patients have been examined: at the beginning of rehabilitation course, at discharge from the hospital, at the beginning of repeated course (7 weeks later), after the end thereof and 3 months later while control examination. To evaluate the efficiency we applied the method of knee joint goniometry (norm of extension flexion  $0^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$ ) following the generally accepted methods, and visual-analogous 10 grade scale of pain (VAS). Using electrotensodynamometry we defined strength of knee joint extensors. To control knee joint edema we measured round of a femur 10 cm higher of the upper pole of patella.

Furthermore, in course of control examination we performed step test. Passing it, the patient should walk on the surface able to fix traces in calm, convenient temp.



тест. Під час його виконання пацієнт мав пройти по поверхні, що здатна фіксувати сліди, у спокійному, зручному для нього темпі. За допомогою сантиметрової стрічки, на отриманих відбитках, заміряли відстань від п'яти ноги, що стоїть позаду, до п'яти, що стоїть попереду. Метою крокового тесту було визначення коефіцієнту асиметрії під час ходи. Для його оцінки використовували співвідношення між довжиною кроку оперованої та здорової кінцівок.

Під час занять з лікувальної гімнастики використовували ізометричні, динамічні та силові вправи. Серед динамічних - вправи з використанням власної маси тіла або предметів (не більше 1 кг). Вправи виконували у повільному темпі, без різких рухів. Інтервал відпочинку між вправами 1-2 хвилини. Всі вправи виконували із положення лежачи або сидячи. При виникненні болю чи дискомфорту виконання вправи припиняли.

Процедуру механотерапії проводили на апараті CPM L4d (OrthoRehab, Канада) з 3-4 дня після оперативного втручання, відразу після зняття дренажа. Положення пацієнта – лежачи на спині чи напівлежачи. Прооперовану кінцівку розміщували у апараті так, щоб колінний суглоб знаходився відповідно до відміток.

Проводили процедуру 3 рази на день по 40 хвилин, якщо не було больових відчуттів. Якщо після неї не було ніяких побічних явищ (біль, набряк), то тривалість процедури збільшували спочатку до 60 хвилин, а потім до 90, доводячи тривалість до 3-х годин за один раз. При появі болю тривалість процедури зменшували. Амплітуду нарощували поступово, по 10° на день, або до появи болю (але не більше 110 градусів). Швидкість згинання становила 60 градусів на хвилину.

Using centimeter tape we measured the distance between the heel of leg on the back-side and the heel of the leg on the front side of a step. Step test allowed us to define the rate of asymmetry while walking. For evaluation thereof we applied the ratio between the length of steps of the intact limb and limb after surgery.

At remedial gymnastic sessions isometric, dynamic and power exercises have been applied. Among the dynamic ones were exercises using a patient's own body weight or gymnastic items (not heavier than 1 kg). The exercises have been performed in slow temp, without sharp movements. Period of rest between the exercises was 1-2 minutes. All the exercises were performed in prone position or seated. In the event of pain or discomfort the exercises stopped immediately.

The procedure of mechanical therapy has been performed on CPM L4d device (OrthoRahab, Canada) on 3<sup>rd</sup>-4<sup>th</sup> day after surgery, immediately after drainage removal. Position of the patient – lying on a back of semi-lying. The limb being operated, was placed in the device, operated joint corresponding to marks thereon.

The procedure was performed 3 times a day 40 minutes each in case of no painful feelings. In case of no side effects after it (pain, edema), duration of the procedure was extended first to 60 minutes, then to 90, and gradually to 3 hours per procedure. If pain arisen, duration of the procedure has been decreased. The amplitude was extended gradually, 10° a day, as far as pain appeared (although not exceeding 110 degrees). The velocity of flexion was 60 degrees per minute.

З метою профілактики запальних явищ на прооперований суглоб після процедури на 20 хвилин накладали кріопакет (середня температура його поверхні становила 4 °C) (рис. 1).

To prevent inflammation, the cooling bag has been attached to the joint after surgery to 20 minutes (average temperature on the surface thereof was 4°C). (Pic.1).



**Рис. 1. Застосування кріопакету після процедури механотерапії**  
**Pic.1. Cooling bag applied after mechanical therapy**

У випадку появи запальних явищ та набряку в колінному суглобі (збільшення обсягу суглоба на понад 1,5 см при вимірюванні сантиметровою стрічкою), проводили процедуру механотерапії через день на фоні протизапальної терапії. Застосовали нестероїдні протизапальні препарати. Після зникнення запальних явищ процедуру розпочинали проводити кожен день по 15 хвилин, поступово збільшуючи тривалість, та залишали амплітуду, яка була досягнута раніше. Експериментальні дані обробляли методами статистики із використанням програми Microsoft Excel. Для визначення вірогідних відмінностей між середніми величинами вибірок використовували непарний t-тест Стьюдента. У всіх випадках достовірними вважали результати за умови значення ймовірності  $p < 0,05$ .

**Результати дослідження та їх обговорення.** Після проведеного хірургічного втручання поступове відновлення функціональних показників оперованої

In case of inflammation and edema of knee joint (increase in volume of the joint in 1.5 cm, measured by centimeter tape), mechanical therapy was applied on alternate days on the background of anti-inflammation therapy. Non-steroid anti-inflammatory medicines were applied. After elimination of inflammatory events, the procedure described above have been performed 15 minutes on daily basis, the amplitude reached before, remained.

Experimental information has been processed using statistic methods using Microsoft Excel software. To define possible differences between the average values of the sample, the Student odd test was applied. In the entire cases results were considered to be reliable, if possibility value was  $p < 0.05$ .

**Results of the study and discussion.** After surgical treatment being performed, gradual recovery of the operated limb's functional features, first of all – of the range of motions, was observed in all the patients, but much faster in patients who additionally have been treated by mechanical therapy. Thus,





кінцівки, перш за все – обсягу рухів, відбувалось у всіх хворих, але швидше у пацієнтів основної групи, яким додатково проводили механотерапію. Так, результати гоніометрії перед випискою показали, що кут згинання у пацієнтів основної групи дорівнював  $93,2 \pm 2,4^\circ$ , в той час як у пацієнтів контрольної групи він становив  $86,4 \pm 3,1^\circ$  ( $p < 0,05$ ). Всі пацієнти основної групи мали повне розгинання у суглобі, тоді як 2 пацієнти (17%) контрольної групи мали розгинальну контрактуру у  $5^\circ$ . В основній групі відмічали достовірне зменшення болю у середньому на 2,7 балів – з 3,8 на початку курсу до 1,1 балів за ВАШ перед випискою, а у контрольній групі цей показник становив у середньому 2,2 бали (табл. 2).

the results of goniometry before discharge displayed, that flexion angle in patients from the main group was equal to  $93,2 \pm 2,4^\circ$ , while in patients of control group this feature was equal to  $86,4 \pm 3,1^\circ$  ( $p < 0,05$ ). All patients from the main group had complete extension of their joints, while 2 patients (17%) from the control group had  $5^\circ$  of extension contracture. Main group mentioned true pain decrease in averagely 2.7 points – from 3.8 points at the beginning of course and to 1.1 points according to VAS before the discharge, and the same index in the control group was in average 2.2 points (Table 2).

Таблиця 2. Динаміка показників гоніометрії та візуально-аналогової шкали болю (ВАШ) у процесі реабілітаційного лікування в ранньому післяопераційному періоді  
Table 2. Dynamics of goniometry indexes and visual-analogue scale (VAS) of pain in process of rehabilitation treatment in early period of rehabilitation

Методи дослідження / <i>Methods of study</i>	Основна група / <i>Main group</i>		Контрольна група / <i>Control group</i>	
	До / <i>before</i>	Після / <i>after</i>	До / <i>before</i>	Після / <i>after</i>
Гоніометрія (кут згинання, $^\circ$ ) / <i>goniometry (flexion angle, <math>^\circ</math>)</i>	$40,1 \pm 4,2$	$93,2 \pm 2,4^*$	$38,5 \pm 3,3$	$86,4 \pm 3,1$
ВАШ (бали) / <i>VAS (points)</i>	$3,8 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1^*$	$4,1 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,2$

Під час повторної госпіталізації та перед випискою, заміряли силові показники чотирьохголового м'язу стегна. Результати динамометрії свідчать про достовірне збільшення силових показників у основній групі (Табл. 3).

After the repeated hospitalization and before the discharge we measured indexes of strength of thigh quadriceps muscle. The results of dynamometry prove reliable increase of power indexes in the main group (Table 3).

Таблиця 3. Показники силових характеристик (Н) м'язів розгиначів колінного суглоба через 7 тижнів та після виписки

Table 3. Indexes of strength (H) of the knee joint extension muscles 7 weeks after discharge

Вид програми / <i>Type of program</i>	Силові показники			
	оперована кінцівка / <i>limb after surgery</i>		здорова кінцівка / <i>intact limb</i>	
	До / <i>before</i>	Після / <i>after</i>	До / <i>Before</i>	Після / <i>After</i>
Стандартна / <i>Standard</i> (Контрольна група) / ( <i>Control group</i> )	36,8±4,0	38,9±4,2	81,6±6,0	85,7±6,4
З силовим блоком / <i>With power block</i> (Основна група) / ( <i>Main group</i> )	33,5±3,0	50,2±4,6*	99,1±5,5	104±4,0
p		<0,05		>0,05

Під час контрольного обстеження через 3 місяці після реабілітаційного лікування покращення результатів відмічали в обох групах спостереження. Так, спостерігали збільшення кута згинання у колінному суглобі: у пацієнтів основної групи до  $(124,5\pm 4,1)^\circ$ , у контрольній групі – до  $(116,2\pm 2,3)^\circ$ . За результатами крокового тесту різниця у асиметрії кроку між групами була достовірною і становила, відповідно в основній групі  $0,94\pm 0,04$  та в контрольній  $0,85\pm 0,02$  (табл. 4). В обох групах не було больових відчуттів.

У 10 з 12 хворих, яким проводили механотерапію, не спостерігали виникнення запальних явищ у суглобі та набряку під час лікування. Разом з тим, у двох хворих у процесі відновного лікування розвивався набряк (об'єм суглобу збільшилась у середньому на 2 см). Механотерапію для них проводили через день та призначали нестероїдні протизапальні препарати. В подальшому набряк поступово зменшився.

While control examination 3 month after rehabilitation treatment, improved results have been observed in both groups of patients. This, we observed the increase in flexion angle of a knee joint: up to  $(124,5\pm 4,1)^\circ$  in the main group, and up to  $(116,2\pm 2,3)^\circ$  in control group. According to the results of the step test, the difference in asymmetry of steps of the both groups' patients was reliable and equal to  $0,94\pm 0,04$  and  $0,85\pm 0,02$  (Table. 4) in control group respectively. Pain feelings was absent in both groups.

In 10 out of 12 patients after mechanical therapy we have not observed any joint inflammation while treatment. At the same time edema developed in two patients in process of recovery treatment (volume of a joint increased in average in 2 cm). Mechanical therapy for these patients has been performed on alternate days and applied non-steroid anti-inflammatory medications. The edema gradually decreased.



Таблиця 4. Динаміка показників гоніометрії та крокового тесту під час контрольного обстеження через 3 місяці після реабілітаційного лікування

Table 4. Dynamic of goniometry indexes and step test while control examination 3 months after rehabilitation treatment

Методи дослідження / <i>Methods of study</i>	Основна група / <i>Main group</i>	Контрольна група / <i>Control group</i>
Гоніометрія (кут згинання, °) / <i>Goniometry (flexion angle, °)</i>	124,5±4,1*	116,2±2,3
Кроковий тест (коефіцієнт асиметрії) / <i>Step test (asymmetry index)</i>	0,94±0,04*	0,85±0,02
Динамометрія (Н) / <i>Dynamometry (H)</i>	70,8±4,8*	52,6±5,7

Таким чином, додаткове залучення механотерапії до протоколу реабілітаційного лікування хворих після артроскопічного мікрофрактурування суглобового хряща прискорює функціональне відновлення колінного суглоба, про що свідчить достовірне збільшення кута згинання як у кінці лікувального курсу так і в динаміці через 2 місяці після нього. Збільшення кількості силових вправ у програмі прискорює відновлення силових показників чотириголового м'язу стегна, про що свідчать показники динамометрії обстеження. Результати крокового тесту свідчать, що застосування запропонованих методик достовірно покращує динамічні характеристики ходи пацієнтів за рахунок збільшення довжини кроку оперованої кінцівки.

**Висновок.** Застосування апаратів безперервної пасивної розробки рухів нижніх кінцівок, та збільшення за рахунок їхнього застосування часу на проведення силових вправ при реабілітації після артроскопічного мікрофрактурування суглобових хрящів прискорює відновлення пацієнтів, дозволяючи швидше повернутись до повноцінного виконання побутових та професійних функцій.

In such a way, adding mechanical therapy to the protocol of rehabilitation treatment of patients after arthroscopic microfracturing of joint cartilage fastens functional recovery of knee joint, which is approved by reasonable increase of flexion angle at the end of the course of treatment, as well as in dynamics 2 months thereafter. Increase in quantity of power exercises in the program fastens renovation of strength features of thigh quadriceps muscles, which fact is approved by the results of dynamometric study. Results of step test confirm that application of the methods being applied, reasonably improves dynamical characteristics of the patients' walking at the account of increased length of the operated limb.

**Conclusion.** Use of medical devices for constant passive elaboration of lower limbs movements, and thereby extending the period of power exercises while rehabilitation after arthroscopic microfracturing of joint cartilage fastens recovery of the patients, allowing to return faster to daily routines and professional life.



### Література / References

1. The microfracture technique for the treatment of articular cartilage lesions in the knee. A prospective cohort study / Mithoefer K., Williams R., Warren R. [et al.] // *J. Bone Joint. Surg. Am.* – 2005. – V. 87 (9). – P. 1911-1920.
2. Тактика відновного лікування хворих із дефектами суглобового хряща колінного суглоба після артроскопічного мікрофрактурування / Рой І.В., Баяндіна О.І., Костогриз О.А., Катюкова Л.Д. // *Ортопедия, травматология и протезирование.* – 2014. – №4. – С. 104-110.
3. Kettunen KO. Skin arthroplasty in the light of animal experiments with special reference to functional metaplasia of connective tissue. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1958;29:1-75.
4. Johnson LL. Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective: present status. *Arthroscopy.* 1986;2:54-69.
5. Johnson LL. Arthroscopic abrasion arthroplasty: a review. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;S306-317
6. Salter R.B. Continuous passive motion: from origination to research to clinical applications / Salter R.B. // *J. Rheumatol.* – 2004. – V.31. – P. 2104-2105.
7. Steadman J.R. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects / J.R. Steadman, W.G.Rodkey, J.J. Rodrigo // *Clin. Orthop. Relat Res.* – 2001. Vol. 391, Suppl. – P. S362-S369.
8. Amin S, Baker K, Niu J, Clancy M, Goggins J, Guermazi A, Grigoryan M, Hunter DJ, Felson DT: Quadriceps strength and the risk of cartilage loss and symptom progression in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2009, 60: 189-198.