

**Рис. 1.** Мікрохірургічні методи, використані для відновлення функції сідничного нерва у щурів. А — загальний вигляд сідничного нерва, Б — створення дефекту сідничного нерва; В — шов сідничного нерва; Г — аутонейропластика сідничного нерва; Д — тубаж сідничного нерва за допомогою трубчастого протеза; Е — тубаж сідничного нерва з використанням трубчастого протеза, заповненого гелевим композитом Neurogel™.



**Рис. 2.** Відбитки стоп щурів отримані за допомогою “Walking track analysis” за методикою R.B. Johnston та співавторів [15] через 60 діб після реконструкції дефекту сідничного нерва з використанням різних мікрохірургічних методик. А — відбиток інтактної (правої) стопи; Б — відбиток стопи після резекції 10 мм сідничного нерва; В — відбиток стопи після накладення шва сідничного нерва; Г — відбиток стопи після аутонейропластики сідничного нерва; Д — відбиток стопи після тубажу сідничного нерва порожнім трубчастим протезом; Е — відбиток стопи після тубажу сідничного нерва трубчастим протезом, заповненим гелевим композитом Neurogel™; Ж — відбиток стопи після тубажу сідничного нерва трубчастим протезом, заповненим гелевим композитом Neurogel™ та насиченого розчином NGF-B в дозі 80 пг/кг.

Оперативне втручання виконували у стерильних умовах під перитонеальним наркозом сумішшю каліпсолю та седазину на ізотонічному розчині натрію хлориду. Дози препаратів відповідно 5 мг/100 г і 2 мг/100 г. Втручання виконували у середнь-верхній третині стегна у проекції сідничного нерва зліва. Після оброблення операційного поля розсікали м'які тканини, тупо, за допомогою затискача типу «москіт», виділяли сідничний нерв (**рис. 1А кольорової вкладки**). Лівий сідничний нерв в середній третині стегна на відстані ( $20 \pm 1,5$ ) мм від точки його виходу з порожнини малого таза пересікали лезом безпечної бритви та висікали ділянку довжиною ( $10 \pm 2$ ) мм, формуючи дефект (**рис. 1Б кольорової вкладки**). Інтраопераційно підтверджували неможливість самовільного наближення кінців нерва навіть у положенні максимального згинання кінцівки в колінному суглобі.

В групах контролю 1 і 2 створювали дефект сідничного нерва. В групах контролю 3 і 4 після пересічення сідничного нерва накладали 3–6 мікрохірургічних епіпериневральних швів до задовільного зіставлення пучків (**рис. 1В кольорової вкладки**). В групах контролю 5 і 6 після створення дефекту сідничного нерва здійснювали його аутонейропластику з використанням «вставки» з попередньо висіченого сідничного нерва довжиною ( $10 \pm 2$ ) мм. На обидва кінці «вставки» та сідничного нерва накладали 3–6 мікрохірургічних епіпериневральних швів до задовільного зіставлення пучків (**рис. 1Г кольорової вкладки**). В групах контролю 3–6 шви накладали за допомогою атравматичної голки з монофіламентною поліамідною ниткою 10/0 фірми Ethicon®. Операцію виконували з використанням операційного мікроскопа при збільшенні  $\times 12$ . В усіх групах контролю після досягнення гемостазу рану ретельно зашивали.

В експериментальних групах тварин 7–12 для проведення тубажу як трубчастий протез використовували порожню трубку з поліхлорвінілу, дозволеного для медичного використання, стерилізовану  $\gamma$ -випромінюванням та упаковану в індивідуальні поліетиленові контейнери за стандартною методикою, довжиною ( $10 \pm 2$ ) мм, внутрішнім просвітом 2 мм та товщиною стінки трубки ( $0,5 \pm 0,05$ ) мм. Для здійснення комбінованої ксенопластики порожнину трубчастого протеза попередньо щільно заповнювали стерильним дегідратованим (для забезпечення максимальної гідрофільності) гелевим композитом Neurogel™ — високо гідрофільним полі[N-(2-гідроксипропіл)метакриламідом], або РНРМА [14] за допомогою шпателя загальним об'ємом до  $31 \text{ мм}^3$  — в групах 9 і 10, в групах 11 і 12 — попередньо дегідратований стерильний Neurogel™ насичували розчином, що містить фактор росту нервів щура NGF-B в дозі 80 пг/кг. В усіх експериментальних групах після створення дефекту сідничного нерва його проксимальний та дистальний кінці вводили в порожнину трубчастого протеза на глибину до 0,5 мм і фіксували до стінок за допомогою епіпериневральних швів з 4 боків атравматичною голкою з монофіламентною поліамідною ниткою 10/0 фірми Ethicon® (**рис. 1Д, 1Е кольорової вкладки**). Фасцикули проксимального та дистального кінців нерва просторово орієнтували в порожнині трубчастого протеза так, щоб максимально уникнути гетеротопної реіннервації. Операцію виконували з

використанням операційного мікроскопа при збільшенні  $\times 12$ . Після досягнення гемостазу рану ретельно зашивали.

Після операції всім тваринам внутрішньом'язово одноразово вводили антибактеріальний препарат цефтріаксон в дозі 20 мг/кг. Усіх тварин контролюних і дослідних груп годували за нормами віварію.

Контроль ступеня функціонального відновлення сідничного нерва здійснювали через 30 (групи 1, 3, 5, 7, 9, 11) та 60 (групи 2, 4, 6, 8, 10, 12) днів після операції. Для контролю функціонального відновлення сідничного нерва використовували «Тест ходьби на доріжці» (“Walking track analysis”) за методикою R.B. Johnston та співавторів [15], як фарбник використовували офіційний спиртовий розчин смарагдового зеленого. Після одержання відбитків обох стоп визначали наступні показники лівої (експериментальної — E) та правої (інтактною — N) кінцівки в однієї тварини (**рис. 2 кольорової вкладки**): PL (print length) — відстань від п'ятки до III пальця; TS (toe spread) — відстань від I до V пальця; ITS (intermediate toe spread) — відстань від II до IV пальця. Дані обчислювали за формулою Bain–Mackinnon–Hunter [16] та оцінювали функціональний індекс сідничного нерва (SFI — sciatic functional index).

$$SFI = -38,3((EPL-NPL)/NPL) + 109,5((ETS-NTS)/NTS) + 13,3((EIT-NIT)/NIT) - 8,8$$

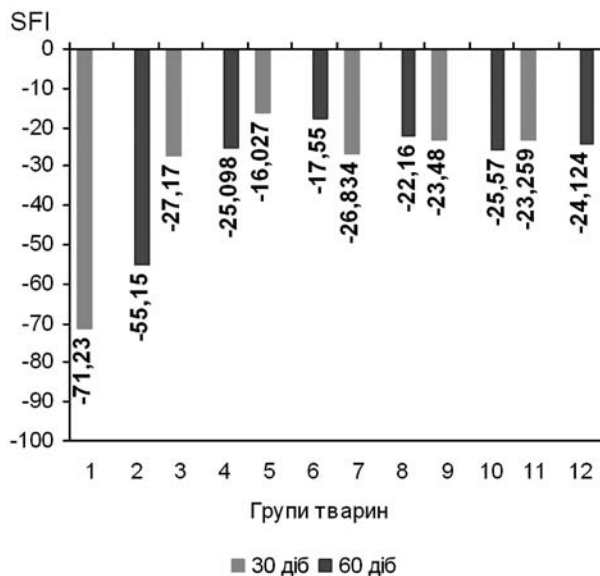
Отримані дані систематизували, визначали середнє та середньоквадратичне відхилення показника в усіх групах тварин. Після обчислення SFI оцінювали отримані результати, за «0» вважали нормальну функцію сідничного нерва, «-100» — повне порушення функції [17, 18]. Достовірність різниці показників SFI між групами визначали за U-тестом Mann – Whitney.

**Результати та їх обговорення.** У 4 (6,6%) тварин спостерігали формування контрактури надп'яtkовогомілкового суглоба експериментальної кінцівки, при цьому тварини використовували під час ходьби внутрішньо-медіальну частину лівої стопи, в тому числі 2 (3,3%) тварини з груп 1 і 2; 1 (1,6%) тварина групи 3 та 1 (1,6%) тварина групи 11. У 3 (5%) тварин, в тому числі 2 (3,3%) — групи 1 (1,6%) — групи 2 спостерігали виражені трофічні зміни на п'ятці лівої (експериментальної) кінцівки, ампутацію фаланг, пальців чи частини стопи протягом 30 та 60 днів експерименту не спостерігали.

Високі чи низькі показники SFI, що свідчили про недостатній чи завищений рівень функціонального відновлення, відкидали, причому кількість тварин, що залишались в групі, дозволяла провести достовірний статистичний аналіз.

Показники SFI в групах контролю: в групі 1 —  $71,23 \pm 8,12$ , в групі 3 —  $27,17 \pm 0,7$ , в групі 5 —  $16,027 \pm 2,65$ , в групі 2 —  $55,15 \pm 7,68$ , в групі 4 —  $25,098 \pm 2,28$ , в групі 6 —  $17,55 \pm 4,87$ ; в експериментальних групах: в групі 7 —  $26,834 \pm 9,335$  в групі 9 —  $23,48 \pm 4,06$ , в групі 11 —  $23,259 \pm 5,2$ , в групі 8 —  $22,16 \pm 7,35$ , в групі 10 —  $25,57 \pm 3,05$ , в групі 12 —  $24,124 \pm 4,8$  (**рис. 3**).

В групах 1 (30-та доба) та 2 (60-та доба) після пересічення сідничного нерва та створення його дефекту спостерігали повне порушення функції сідничного нерва (SFI наближався до -100), в динаміці спостерігали достовірну тенденцію до «псевдорегре-



**Рис. 3.** Показники SFI у тварин експериментальних та контрольних груп через 30 і 60 днів після реконструкції дефекту сідничного нерва з використанням різних мікрохірургічних методик.

су» функціонального дефіциту ( $U_{\text{емп}}=0$ ,  $U_{\text{кр}}=1$ ,  $P\leq 0,01$ ), що можна пояснити пристосуванням тварини до користування паретично зміненою кінцівкою.

В групах 3 (30-та доба) та 4 (60-та доба) після пересічення сідничного нерва та накладення мікрохірургічного шва досягнутий задовільний рівень функціонального відновлення у порівнянні з таким в групах 1 і 2. Усереднене значення SFI в цих групах дещо змінювалось в динаміці, проте, різниця недостовірна ( $U_{\text{емп}}=3$ ,  $U_{\text{кр}}=0$ ,  $P\leq 0,05$ ). Таку незначну різницю SFI можна пояснити тим, що ступінь відновлення функції сідничного нерва після накладення мікрохірургічного шва вже на 30-ту добу досягав певного рівня, що дозволяло забезпечити тварині функцію ходьби, хоча повне функціональне відновлення навіть на 60-ту добу не спостерігали.

В групах тварин 5 (30-та доба) та 6 (60-та доба) після заміщення дефекту сідничного нерва за методом аутонейропластики спостерігали задовільне відновлення функції сідничного нерва у порівнянні з такою в групах 1 і 2, при порівнянні значень SFI на 30-ту та 60-ту добу достовірної тенденції до покращення функціонального стану не було ( $U_{\text{емп}}=4$ ,  $U_{\text{кр}}=0$ ,  $P\leq 0,05$ ). Слід зазначити, що показник функціонального відновлення сідничного нерва несуттєво відрізнявся в групах 3-4 та 5-6. Таким чином, виконання аутонейропластики нерва — «золотий стандарт» при заміщенні його дефекту, з дотриманням усіх правил мікрохірургічної техніки, дозволяє досягти рівня відновлення функції нерва, подібного до того, який спостерігають при накладенні мікрохірургічного шва кінець у кінець.

В експериментальних групах 7-12 рівень відновлення сідничного нерва суттєво не змінювався в динаміці (на 30-ту та 60-ту добу). Рівень функціонального відновлення при заміщенні дефекту сідничного нерва методом комбінованої пластики (тубаж нерва в поєднанні з гелевим композитом та фактором росту) можна порівняти з таким при накладенні шва та аутонейропластиці нерва. Достовірної різниці показника навіть після заміщення дефекту сідничного нерва

методом аутонейропластики та тубажу порожнім трубчастим протезом не було ( $U_{\text{емп}}=2$ ,  $U_{\text{кр}}=0$ ,  $P\leq 0,05$ ). Достовірної різниці між ступенем функціонального відновлення сідничного нерва при заміщенні його дефекту різними методами комбінованої пластики також не було. Повного функціонального відновлення сідничного нерва при використанні як тубажу порожнім трубчастим протезом, так і комбінованої пластики, досягти не вдалося.

**Висновки.** 1. Функціональний індекс сідничного нерва (SFI) є зручним та достовірним показником відновлення, який можна використовувати для оцінки ступеня відновлення функції під час дослідження процесів регенерації сідничного нерва в експерименті.

2. Результати відновлення функції сідничного нерва після створення його дефекту з застосуванням методів комбінованої пластики наближаються до результатів, отриманих при заміщенні дефекту нерва з використанням «золотого стандарту» відновної хірургії нервів при їх дефектах — методу аутонейропластики.

3. Ступінь функціонального відновлення сідничного нерва після створення дефекту не залежить від варіанта використаної комбінованої пластики.

#### Список літератури

1. Sarikcioglu L. Walking track analysis: an assessment method for functional recovery after sciatic nerve injury in the rat / L. Sarikcioglu, B.M. Demirel, A. Utuk // *Folia Morphol.* — 2009. — V.68, N1. — P.1-7.
2. Цымбалюк В.И. Хирургическое лечение поврежденных периферических нервов при больших дефектах / В.И.Цымбалюк, А.Т.Шашкевич // *Врачеб. дело.* — 1987. — №6. — С.47.
3. Григорович К.А. Хирургическое лечение поврежденных нервов / К.А. Григорович. — Л.: Медицина, 1981. — 301 с.
4. Хірургічне лікування ушкоджень плечового сплетення / В.І.Цимбалюк, Г.В.Гайко, М.М.Сулій, С.С.Страфун. — Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. — 211 с.
5. de Olivera A.R.L. Peripheral nerve regeneration through the nerve tubulization technique / A.R.L. de Olivera, A. Pierucci, K. de Brito Pereira // *Braz. J. Morphol. Sci.* — 2004. — V.21, N4. — 225-231.
6. Ijpmma F.F.A. The early history of tubulation in nerve repair / F.F.A. Ijpmma, R.C. Van De Graaf, M.F.J. Meek // *Hand Surg. (Eur. Volume).* — 2008. — V.33. — P.581-586.
7. Dellon A.L. Selection of the appropriate parameter to measure neural regeneration / A.L. Dellon, S.E. Mackinnon // *Ann. Plast. Surg.* — 1989. — V.23. — P.197-202.
8. Mackinnon S.E. Histologic assessment of nerve regeneration in the rat / S.E. Mackinnon, A.R. Hudson, D.A. Hunter // *Plast. Reconstr. Surg.* — 1985. — V.75. — P.384-388.
9. Lack of association between outcome measures of nerve regeneration / C.A. Munro, J.P. Szalai, S.E. Mackinnon, R. Midha // *Muscle Nerve.* — 1998. — V.21. — P.1095-1097.
10. Kanaya F. Sciatic function index, nerve conduction tests, muscle contraction, and axon morphometry as indicators of regeneration / F. Kanaya, J.C. Firrell, W.C. Breidenbach // *Plast. Reconstr. Surg.* — 1996. — V.98. — P.1264-1274.
11. Mackinnon S.E. Changes in nerve fiber numbers distal to a nerve repair in the rat sciatic nerve model / S.E. Mackinnon, A.L. Dellon, J.P. O'Brien // *Muscle Nerve.* — 1991. — V.14. — P.1116-1122.
12. Rat walking tracks do not reflect maximal muscle force capacity / M.S. Urbanchek, K.C. Chung, H. Asato [et al.] // *J. Reconstr. Microsurg.* — 1999. — V.15. — P.143-149.
13. Gramsbergen A. Sciatic nerve transection in the adult rat: abnormal EMG patterns during locomotion by aberrant

- innervation of hindleg muscles / A. Gramsbergen, M.F. Meek // *Exp. Neurol.* — 2000. — V.161. — P.183–193.
14. Neural tissue formation within porous hydrogels implanted in brain and spinal cord lesions: ultrastructural, immunohistochemical, and diffusion studies / S. Woerly, P. Petrov, E. Sykova [et al.] // *Tissue Engineering.* — 1999. — N5. — P.467–488.
15. Improved imaging of rat hindfoot prints for walking track analysis / R.B. Johnston, L. Zachary, A.L. Dellon [et al.] // *J. Neurosci. Methods.* — 1991. — V.38. — P.111–114.
16. Bain J.R. Functional evaluation of complete sciatic, peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat / J.R. Bain, S.E. Mackinnon, D.A. Hunter // *Plast. Reconstr. Surg.* — 1989. — V.83. — P.129–138.
17. Carlton J.M. Quantitating integrated muscle function following reinnervation / J.M. Carlton, N.H. Goldberg //

- Surg. Forum.* — 1986. — V.37. — P.611–614.
18. De Koning P. Org.2766 improves functional and electrophysiological aspects of regenerating sciatic nerve in the rat / P. De Koning, W.H. Gispen // *Peptides.* — 1987. — V.8. — P.415–422.

Надійшла до редакції 23.07.12  
Прийнята до публікації 17.08.12

**Адреса для листування:**

Гацький Олександр Олександрович  
04050, Київ, вул. Платона Майбороди, 32  
Інститут нейрохірургії  
ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України,  
відділення відновлювальної нейрохірургії  
e-mail: drgatskiy@mail.ru

**Цымбалюк В.И., Третьяк И.Б., Гацький А.А.**

Отделение восстановительной нейрохирургии, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, г. Киев, Украина

**Исследование эффективности комбинированной пластики седалищного нерва при его большом дефекте путем количественной оценки степени функционального восстановления в эксперименте у крыс**

**Вступление.** Целью работы была количественная оценка степени функционального восстановления седалищного нерва при замещении его большого дефекта с использованием методов комбинированной пластики в эксперименте у крыс.

**Материалы и методы.** Для контроля функционального восстановления седалищного нерва использовали «Тест ходьбы на дорожке» («Walking track analysis»).

**Результаты.** На основании 3 основных показателей отпечатков обеих стоп подсчитывали функциональный индекс седалищного нерва (SFI).

**Выводы.** 1. Показатели восстановления функции седалищного нерва при его дефекте с использованием методов комбинированной пластики приближаются к результатам, полученным при замещении дефекта нерва с использованием метода аутонейропластики.

2. Степень функционального восстановления седалищного нерва при его дефекте не зависит от варианта комбинированной пластики.

**Ключевые слова:** седалищный нерв крысы, большой дефект нерва, функциональный индекс седалищного нерва, аутонейропластика, тубаж, комбинированная пластика, эксперимент.

Поступила в редакцию 23.07.12  
Принята к публикации 17.08.12

**Адрес для переписки:**

Гацький Олександр Олександрович  
04050, Киев, ул. Платона Майбороди, 32  
Інститут нейрохірургії  
ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України,  
отделение восстановительной нейрохирургии  
e-mail: drgatskiy@mail.ru

**Tsybalyuk V.I., Tretyak I.B., Gatskiy A.A.**

Restorative Neurosurgery Department, Institute of Neurosurgery named after acad. A.P. Romodanov NAMS Ukraine, Kiev, Ukraine

**The research of sciatic nerve combined plastics efficiency at it's large defect by it's functional recovery quantification in rats in experiment**

**Introduction.** The aim of the research was sciatic nerve functional recovery quantification at it's large defect replacement using methods of combined plastics in rats in experiment.

**Materials and methods.** To control sciatic nerve functional recovery «Walking track analysis» was used.

**Results.** On the base of 3 main parameters of imprints of soles of hinder legs sciatic functional index (SFI).

**Conclusions.** 1. The indicators of sciatic nerve functional recovery at it's defect using combined plastics methods come nearer to results, obtained at nerve's defect replacement using autoneuroplastics.

2. Sciatic nerve's functional recovery level at it's defect do not depends on the variant of combined plastics.

**Key words:** rat's sciatic nerve, large nerve's defect, sciatic nerve functional index, autoneuroplastics, tubulization, combined plastics, experiment.

Received July 23, 2012  
Accepted August 17, 2012

**Address for correspondence:**

Alexander Gatskiy  
04050, 32 Platon Mayboroda St, Kiev, Ukraine  
Institute of Neurosurgery  
named after acad. A.P. Romodanov NAMS Ukraine,  
Restorative Neurosurgery Department  
e-mail: drgatskiy@mail.ru