

А.Ю. Ништ

## Способ определения функционального состояния периферических нервов после их восстановления в эксперименте

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Резюме.** Разработан простой способ оценки функционального состояния периферических нервов после выполнения экспериментальных реконструктивно-пластических вмешательств на лабораторных животных. Предлагается оценивать функциональное состояние восстановленного в эксперименте общего малоберцового нерва путем сравнения амплитуды разведения пальцев стопы при исследовании безусловного статокинетического рефлекса приземления. Рефлекторная реакция подготовки к приземлению со стороны тазовых конечностей проявляется сгибанием в тазобедренных суставах, разгибанием в коленных суставах, подошвенным сгибанием в скакательных суставах и разведением пальцев стопы. Разведение пальцев стопы у кроликов обусловлено сокращением наружного разгибателя пальцев, иннервируемого глубокой ветвью общего малоберцового нерва. При нарушении проводимости общего малоберцового нерва из комплекса мышечных реакций статокинетического рефлекса приземления выпадает разведение пальцев стопы на стороне травмы. После реконструкции общего малоберцового нерва в эксперименте попытки разведения пальцев стопы становятся заметными примерно на 2 недели позднее появления признаков реиннервации мышц соответствующего костно-фасциального футляра на электронейромиограммах. Процесс полного восстановления периферических нервов после травмы чрезвычайно длительный, поэтому разница в 2–3 недели между клиническими и инструментально подтвержденными признаками восстановления двигательной иннервации не столь существенна, особенно при наблюдении животных в послеоперационном периоде до 6 месяцев и более. Преимуществами предлагаемого способа являются высокая скорость постановки и простота выполнения, а также демонстративность при сравнении оперированной и интактной конечностей у одного животного.

**Ключевые слова:** периферический нерв, травма периферического нерва, экспериментальные хирургические вмешательства, функциональное состояние нерва, реиннервация тканей, рефлекс приземления, наружный разгибатель пальцев.

**Введение.** Совершенствование подходов хирургического лечения пациентов с обширными дефектами периферических нервов неразрывно связано с выполнением экспериментальных исследований лабораторных животных. Оценка изменений функционального состояния восстановленного нерва в послеоперационном периоде сопряжена с проведением комплексных клинических, электрофизиологических и лучевых исследований [1, 2]. Нами разработан простой клинический способ, позволяющий без использования дополнительной диагностической аппаратуры оценивать функциональное состояние общего малоберцового нерва лабораторных животных.

Наиболее часто для отработки различных реконструктивно-пластических вмешательств на периферических нервах исследователи прибегают к моделированию травмы нервного ствола на седалищном нерве и его ветвях у лабораторных животных. Выполнение односторонних вмешательств на общем малоберцовом нерве позволяет решить большинство задач при экспериментальном моделировании травмы и реконструктивно-пластических вмешательств на периферических нервах [4]. Вместе с тем в послеоперационном периоде сохраняется возможность оценки функцио-

нального состояния восстановленного общего малоберцового нерва на стороне операции в сравнении с контрлатеральной конечностью. Минимальный объем операционной травмы и высокая приспособляемость животных позволяют сохранить высокую двигательную активность в послеоперационном периоде, что положительно сказывается на состоянии животных и заживлении послеоперационных ран.

Неоспоримым подтверждением положительных исходов микрохирургической реконструкции нервного ствола является восстановление проводимости периферического нерва и сократительной активности мышц-мишеней. Золотым стандартом оценки функционального состояния периферических нервов является электронейромиография. Однако проведение данного исследования лабораторным животным, особенно с применением игловчатых электродов, сопровождается высоким уровнем дискомфорта, что требует предварительной медикаментозной подготовки седативными средствами, а нередко и введения животного в поверхностный наркоз.

**Цель исследования.** Разработать простой способ клинического контроля функционального состояния

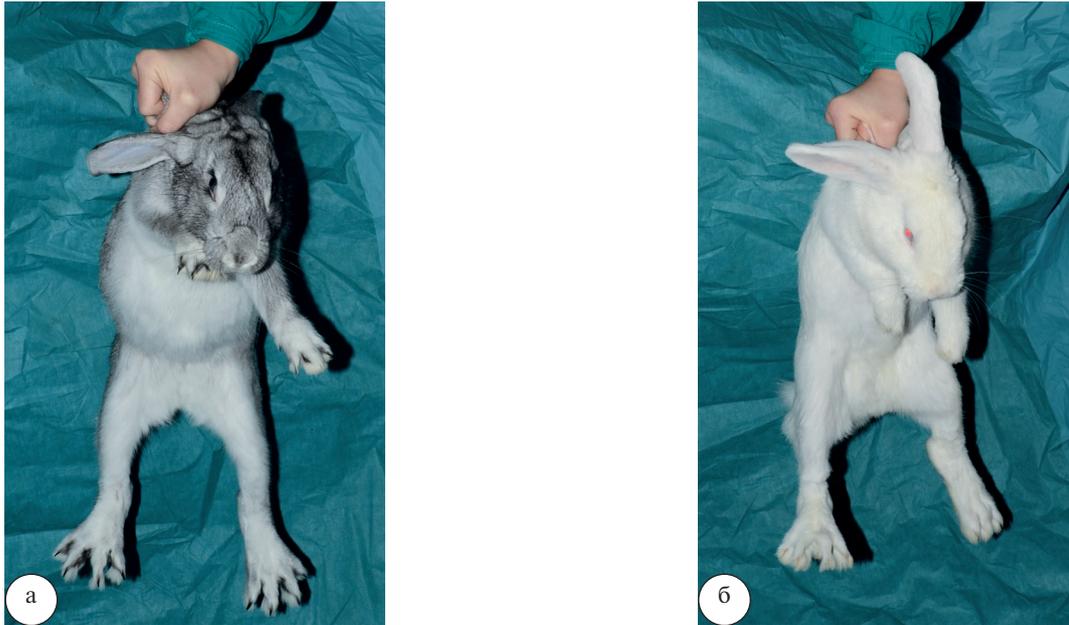


Рис. 1. Исследование функционального состояния общего малоберцового нерва: а – симметричное разведение пальцев стопы на обеих конечностях у интактного животного; б – отсутствие разведения пальцев стопы слева после пересечения общего малоберцового нерва

восстановленных в эксперименте периферических нервов лабораторных животных.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось в 2 этапа. Топографо-анатомический этап исследования выполнен на 20 трупах лабораторных животных (кроликов), выведенных из опыта после отработки всех мероприятий по темам практических занятий с курсантами и слушателями. Для анатомического обоснования экспериментальной модели травмы периферического нерва выполняли прецизионную препаровку тазовых конечностей с использованием средств оптического увеличения.

Экспериментальный этап исследования выполнен на 34 кроликах породы «Шиншилла» обоего пола – зрелых, фенотипически здоровых особях. Содержание животных и выполнение экспериментальных микрохирургических вмешательств соответствовало международным рекомендациям по проведению медико-биологических исследований с использованием животных. У животных исследуемой группы (n=24) после моделирования травмы общего малоберцового нерва выполняли пластическое замещение дефекта нервного ствола. В группе сравнения (n=10) замещение дефекта общего малоберцового нерва не производили. В послеоперационном периоде (от 1 до 290 суток) определяли морфофункциональное состояние восстановленных периферических нервов клиническими, лучевыми и электрофизиологическими методами.

**Результаты и их обсуждение.** Нами разработан простой и наглядный способ определения функ-

ционального состояния общего малоберцового нерва [3]. Суть способа заключается в визуальной оценке и протоколировании (при необходимости) посредством видеосъемки или серийной фотосъемки амплитуды разведения пальцев стопы на стороне операции в момент исследования у подопытного животного безусловного статокинетического рефлекса приземления.

Перед началом исследования животное удерживают в вертикальном положении без опоры на тазовые конечности, дожидаясь прекращения двигательной реакции на изменение положения тела. Затем, имитируя свободное падение, смещают животное по вертикали вниз с замедлением в нижней точке без приземления. В момент перемещения фиксируют амплитуду разведения пальцев стопы на стороне оперативного вмешательства. Симметричное разведение пальцев стопы наблюдается у здоровых животных, а в случае



Рис. 2. Внешний вид тыла стопы кролика после удаления поверхностных слоев. Стрелками отмечены сухожилия наружного разгибателя пальцев стопы

выполнения односторонних экспериментальных вмешательств на общем малоберцовом нерве свидетельствует о полном восстановлении проводимости нервного ствола (рис. 1а). Отсутствие разведения пальцев стопы свидетельствует о полном нарушении проведения нервного импульса по общему малоберцовому нерву (рис. 1б). При неполном восстановлении иннервации отмечается разведение пальцев стопы на стороне операции с меньшей, чем на интактной конечности, амплитудой. Повторение пробы более 2–3 раз обычно вызывает выраженное беспокойство животного и сопровождается беспорядочным движением конечностей, что требует перерыва в исследовании.

Разведение пальцев стопы у кроликов обусловлено сокращением наружного разгибателя пальцев стопы, расположенного в переднем костно-фасциальном футляре голени (рис 2.). Данная мышца берет свое начало от обеих костей голени и межкостной мембраны, а ее сухожилие прикрепляется к наружным поверхностям фаланг двух латеральных пальцев стопы. Иннервация наружного разгибателя пальцев стопы обеспечивается глубокой ветвью общего малоберцового нерва. Сокращение наружного разгибателя пальцев приводит к разгибанию 3 и 4 пальцев с одновременным их отведением.

Наиболее показательным является выполнение односторонних экспериментальных реконструктивно-пластических вмешательств на общем малоберцовом нерве. При длительном наблюдении лабораторных животных в послеоперационном периоде и многократном повторении разработанного нами способа удается зафиксировать постепенное увеличение амплитуды разведения пальцев стопы на стороне операции при сравнении с интактной конечностью.

Попытки разведения пальцев стопы становятся заметными примерно на 2 недели позднее появления

признаков реиннервации мышц соответствующего костно-фасциального футляра на электронейромиограммах. Процесс полного восстановления периферических нервов после травмы чрезвычайно длительный, поэтому разница в 2–3 недели между клиническими и инструментально подтвержденными признаками восстановления двигательной иннервации не столь существенна, особенно при наблюдении животных в послеоперационном периоде до 6 месяцев и более.

Таким образом, при выполнении экспериментальных оперативных вмешательств на периферических нервах лабораторных животных разработанный способ позволяет в послеоперационном периоде с высокой достоверностью и без существенных трудностей оценивать изменения функционального состояния общего малоберцового нерва. Будучи основанным на безусловной рефлекторной реакции, предлагаемый способ не требует дополнительного обучения животного, а также не подвержен угнетению у здоровых животных. Преимуществами предлагаемого способа являются высокая скорость постановки и простота выполнения, а также демонстративность при сравнении оперированной и интактной конечностей у одного животного.

#### Литература

1. Говенько, Ф.С. Хирургия повреждений периферических нервов / Ф.С. Говенько. – СПб.: ВМА, 2010. – 384 с.
2. Григорович, К.А. Хирургия нервов / К.А. Григорович. – Л.: Медицина, 1969. – 447 с.
3. Пат. № 2647619 Российская Федерация, МПК G09В 23/28 (2006.01). Способ определения функционального состояния периферических нервов после их микрохирургической реконструкции в эксперименте / А.Ю. Ништ, Н.Ф. Фомин, А.А. Микулич. – М.: Би, 2018. – № 8. – 8 с.
4. Попович, М.И. Тractionная травма элементов сосудисто-нервного пучка / М.И. Попович // Оренбургский мед. вестн. – 2014. – Т. 2, № 3 (7). – С. 19–23.

A. Yu. Nisht

#### Method for determining the functional state of peripheral nerves after their restoration in an experiment

**Abstract.** A simple method for assessing the functional state of peripheral nerves after performing experimental reconstructive-plastic interventions on laboratory animals has been developed. It is proposed to evaluate the functional state of the common peroneal nerve reconstructed in an experiment by comparing the amplitude of the animal's toes spreading in the study of the unconditional statokinetic landing reflex. A reflex response to the preparation for landing from the pelvic limbs is manifested by flexion in hip joints, extension in knee joints, plantar flexion in hocks, and spreading of toes. Spreading of toes in rabbits is caused by the contraction of the external extensor of the toes innervated by the deep branch of the common peroneal nerve. If the conductivity of the common peroneal nerve is impaired, spreading of the toes on the side of the trauma fails to manifest. The advantages of the proposed test are: high speed set up and ease of implementation, as well as clear demonstration when comparing the operated and the intact limbs of the laboratory animal.

**Key words:** peripheral nerve, peripheral nerve injury, experimental surgical operation, the functional state of the nerve, reinnervation of the tissues, landing reflex, musculus extensor digitorum lateralis.

Контактный телефон: +7-905-260-49-44; e-mail: vmeda-nio@mil.ru