

© Группа авторов, 1996.

Метод этапной регистрации денервационных симптомов и его возможности в оценке эффективности различных способов восстановления целостности поврежденного нерва

**Н.А. Щудло, М.М. Щудло, А.М. Добрушкин, А.В. Шамара, И.А. Мещерягина,
О.Г. Прудникова, А.Б. Степанян**

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(Генеральный директор — академик РАМТН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

В эксперименте проведено сравнительное исследование денервационно-реиннервационного синдрома после шва удлиненных отрезков седалищного нерва (7 собак), первичной нейрорафии (9 собак) и аутонейропластики (8 собак). Выраженность денервационного синдрома оценивалась путем регистрации 13 симптомов опорно-двигательных и трофических расстройств через 1, 2, 3, 4-6, 7-9 и 10-12 месяцев после восстановительной операции. Экспертная балльная оценка симптомов с вычислением индексов денервационных проявлений позволила не только количественно охарактеризовать неврологический статус на каждом сроке эксперимента, но также оценить и сопоставить эффективность использованных методик: первичного микрохирургического эпиперинеурального шва как эталонной по результативности восстановительной операции при анатомических перерывах нерва, аутонейропластики как метода выбора при дефектах нерва и шва удлиненных дозированной тракцией отрезков нерва как альтернативы аутопластике. По степени компенсации денервационных проявлений шов удлиненных отрезков нерва превосходит аутонейропластику и сопоставим с нейрорафией.

Ключевые слова: нерв, восстановление, эффективность, оценка, методики.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке новых способов возмещения дефектов периферических нервов необходима их оценка в плане восстановления функции денервированной конечности. Применяемые в клинике методики (балльная оценка объема пассивных движений в суставах, силы мышц, исследование различных видов чувствительности) требуют адекватного контакта с исследуемым и потому неприменимы в эксперименте. L. Medinacelli [12] цитирует достаточно много работ, в которых авторы отмечают отсутствие корреляции электрофизиологических и, особенно, морфологических параметров (степень дезорганизации роста волокон на уровне зоны швов и величина ее утолщения, степень фиброза дистального отрезка нерва и распределение в нем нервных волокон по диаметру или толщине миелина) с функциональным результатом - поведенческими тестами. Отсюда вытекает необходимость разработки объективных методов исследования функционального состояния конечности. Разработанный в экспериментах на линейных крысах [12] седалищный функциональный индекс высчитывается на основе параметров отпечатков лап (ширина шага, длина отпечатка стопы, расстояние между вторым и пятым, вторым и четвертым следами), которые получают на рентгеновской плёнке или бромфенольной бумаге и обрабатывают с помощью анализатора изображения. Воспроизвести этот метод у более крупных животных со сложными формами поведения - например, у собак, пред-

ставляется достаточно трудным. Кроме того, в работе A.L. Dellon, S.E. Mackinnon [10] показано, что после повреждения седалищного нерва у крыс развиваются такие симптомы (изъязвление пальцев, эверсионная или инверсионная, сгибательная или разгибательная установка стопы, избыточный рост когтей), которые делают невозможным корректное измерение параметров прогулочных треков и вычисление седалищного функционального индекса. Это привело нас к мысли о практической полезности экспертной балльной оценки тяжести денервационных проявлений на этапах эксперимента.

Цель данного исследования - проанализировать возможности такого подхода в количественном и качественном сопоставлении результатов различных методик восстановительных операций на нервах.

С 80-го года в РНЦ "ВТО" изучаются возможности применения метода дозированного растяжения тканей в хирургии периферических нервов. Один из разработанных способов - возмещение дефекта нервного ствола встречным дозированным удлинением обоих его отрезков [3,4,8] с последующим отсроченным швом конец в конец, обеспечивающим условия для регенерации нерва и реиннервации конечности, электрофизиологические и морфологические характеристики которой изучены [9]. Поскольку предложенный способ - это новая воспроизводимая экспериментальная модель, второй целью данного исследования является определение его

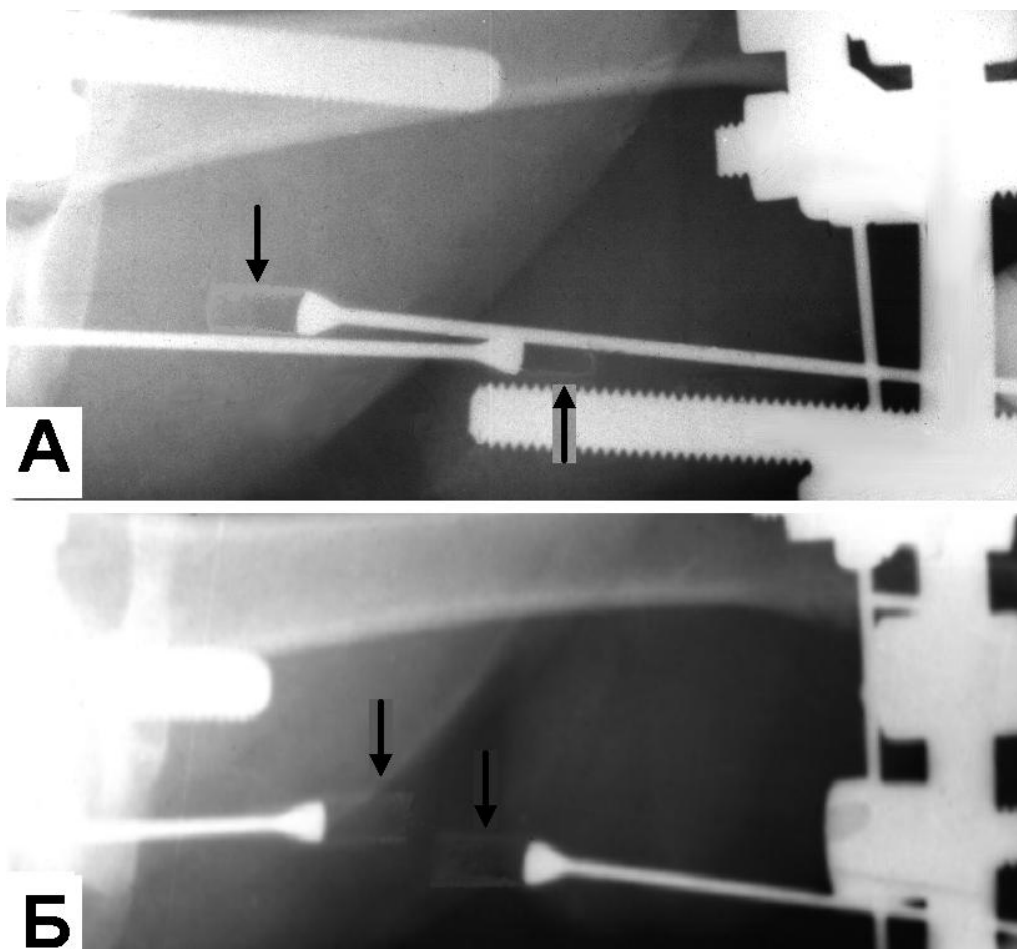


Рис. 2. Фрагменты рентгенограмм правого бедра собаки на этапах удлинения отрезков седалищного нерва. А - после монтажа тракционного устройства, Б - по окончании тракции. Стрелками обозначены наконечники тракционных спиц, соединённые с концами нерва. Суммарное перемещение наконечников - 43 мм.

Через 1,2,3,4-6,7-9 и 10-12 месяцев после восстановительной операции производилась регистрация в формализованных семиотических картах проявлений нарушения функции седа-

лищного нерва по 13 основным симптомам опорно-двигательных и трофических расстройств (таблица 1).

Таблица 1

Симптомы	Функция	Представительство	Возможные градации
1 Отсутствие или ослабление опоры на оперированную лапу	ОПОРА		+ ± -
2 Эверсия или инверсия стопы при опоре	М	ББ	+ ± -
3 Сгибание стопы с подворачиванием пальцев	О	МБ	+ ± -
4 Веерообразное разведение пальцев	Т	ББ	+ ± -
5 Запрокидывание стопы	О	ББ	+ ± -
6 Атрофия межпостных промежутков	Р		+ -
7 Пяточная язва	И		+ -
8 Участки облысения	К		+ -
9 Эрозии кожи	А		+ -
10 Натоптыши тыла стопы	Т		+ -
11 Изъязвление тыла стопы	Р		+ -
12 Нарушение роста когтей	О		+ -
13 Изъязвление и ампутации пальцев	Ф		+ -



Рис. 3. Примеры опорно-двигательных расстройств и их балльной оценки:

А - "+"-симптом N1: щажение оперированной конечности при беге (оценка 0,5 балла).

Б - "+"-симптом N 3: опора на подогнутые пальцы при перенесении веса на тазовые конечности (оценка 0,5 балла)

В - "-"-симптом N 3 (нормальная установка стопы) в тех же условиях через 4 месяца у той же собаки (оценка 0 баллов).

Каждый симптом нарушения опорно-двигательной функции (рис.3) оценивался по 3 градациям. Так, градация "+" симптома N1 "отсутствие опоры на оперированную лапу" регистрировалась в тех случаях, когда при обычной для четвероногих ходьбе приступание на лапу не наблюдалось вовсе или происходило не на каждый шаг. Градация "±" (ослабленная опора) выставлялась, когда оперированная лапа постоянно участвовала в акте ходьбы, но наблюдалось её щажение (одергивание от поверхности пола) или тремор во время ходьбы по лестнице, при перенесении веса на тазовые конечности или после пробежек. Градация "-" (нормальная опора) симптома N1 выставлялась в тех случаях, когда описанные выше проявления расстройства опорной функции не наблюдались ни при обычной ходьбе на 4 лапах, ни при усилении нагрузки (бег, ходьба по лестнице, опора на задние лапы).

Подворачивание стопы кнаружи или кнутри (симптом N2) наблюдалось у животных также либо постоянно, либо при усилении нагрузки, поэтому и этот симптом учитывался по градациям "+", "±" и "-". Аналогичными были градации

и симптомов 3-5.

Клинические признаки трофических расстройств (рис.4) регистрировались как "+"-симптом с момента возникновения и как "-"-симптом с момента исчезновения (полной эпителизации эрозий, рубцевания язв, нормализации состояния кожи на месте натоптыша, зарастания участков аллопеции).

Проявления (градация "+") или полупроявления (градация "±") денервационных расстройств оценивали в баллах (1 и 0,5 соответственно). На каждом сроке эксперимента суммарное число баллов относили к числу экспериментальных животных (n), что позволяло вычислять индекс денервационных проявлений (ИДП) седалищного нерва и его составляющие: индекс нарушений опорной функции (ОП), индексы моторных (МР) и трофических (ТР) расстройств по малоберцовой и большеберцовой порциям (МБМР и ББМР, МБТР и ББТР), которые попарно складывались в индексы денервационных проявлений по малоберцовому (ИДПМБ) и большеберцовому (ИДПББ) нервам.

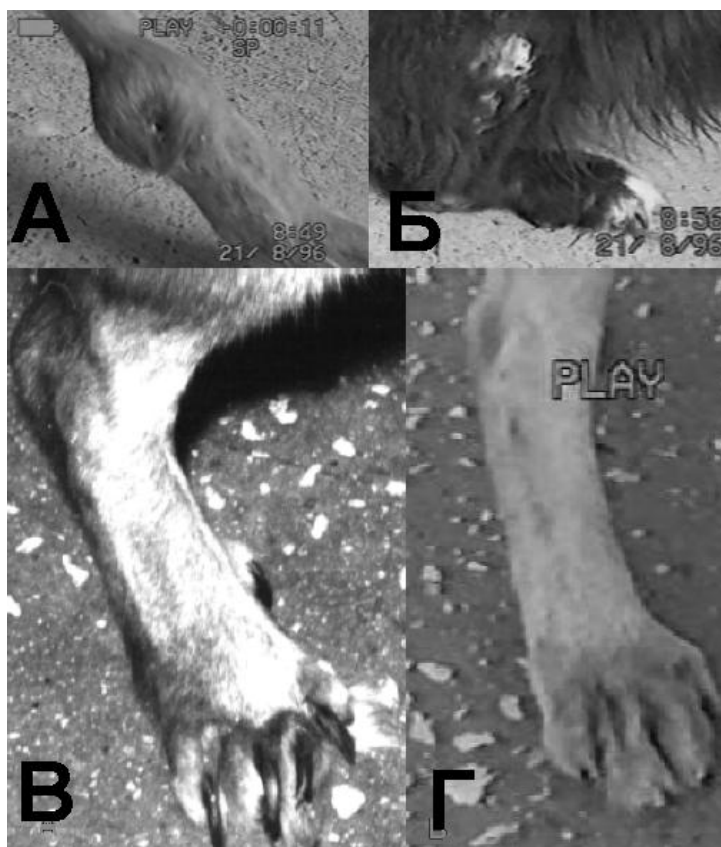


Рис. 4. Примеры трофических расстройств:

- А - заживающая пяточная язва с выраженным инфильтрационным валом.
- Б - участки эпиляции и эрозий кожи по латеральной поверхности коленного сустава и в пяточной области.
- В - атрофия межпальцевых промежутков и избыточный рост когтей на фоне разгибательной установки стопы.
- Г - нормальное состояние стопы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Регистрация денервационных проявлений воссоздавала мозаичную картину полисимптомной клиники нарушений функции седалищного нерва. Расстройства опорно-двигательной функции вначале появлялись в форме "полусимптома". Затем они могли исчезнуть, либо усилиться до градации "+", затем вновь принять форму полусимптома и только после этого исчезнуть. Колебания полусимптом-симптом-полусимптом у многих животных на протяжении эксперимента повторялись многократно с индивидуальной периодичностью: от нескольких дней до нескольких недель. Величины индексов денервационных проявлений и их составляющих по сериям и срокам эксперимента приведены в таблице 2. Динамика ИДП представлена на графике (рис.5).

В серии с первичной нейрорафией седалищного нерва симптомы выпадения его функции максимально выражены в первые два месяца ИДП

ца эксперимента. К третьему месяцу у большинства животных ликвидировались трофические расстройства, а к 4-му - опорно-двигательные. Качественной особенностью проявлений денервационного синдрома в этой серии явилось отсутствие трофических расстройств на тыле стопы. Вся симптоматика трофических расстройств наблюдалась в автономной зоне большеберцового нерва (пяточные язвы, эрозии кожи по латеральной поверхности голени и стопы). Из моторных расстройств наиболее часто встречающимся симптомом оказалось ослабление опорной функции (у 6 собак из 9). У 2 собак из 9 наблюдалась сгибательная установка стопы. Симптомы разгибательной установки стопы отсутствовали совершенно, из двигательных нарушений по большеберцовой порции наблюдалась только эверсия-инверсия стопы (нарушение отведения-приведения) - у 3 животных.

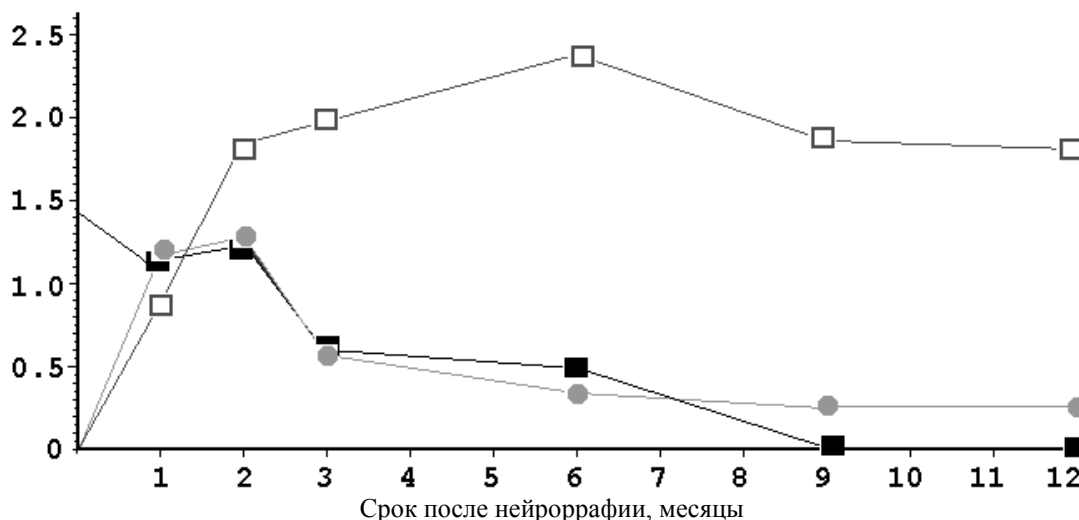


Рис. 5. Динамика индекса денервационных проявлений (ИДП) после:

аутонейропластики (АНП) - □

первичной нейрооррафии (ПНР) - ●

шва дозированно удлинённых отрезков (ШУО) седалищного нерва - ■

В серии с аутопластикой индексы опорно-двигательных и трофических расстройств существенно выше на всех сроках наблюдения. При этом намного шире был спектр симптомов. У одних и тех же животных отмечалась компенсация одних симптомов и появление новых. Трофические расстройства в автономной зоне большеберцовой порции представлены очаговым облысением, эрозиями кожи, пяточными язвами; в зоне малоберцовой порции, т.е. на тыле стопы, наблюдался отёк, натоптыши, изъязвления. Подгибание стопы встречалось у 5 животных из 9, то есть чаще, чем в серии с первичной нейрооррафией. У 4 животных наблюдались симптомы разгибательной установки стопы, что свидетельствовало о выраженных расстройствах иннервации большеберцовой порции нерва, однако нарушения приведения-отведения стопы в первые 3 месяца не наблюдались вовсе,

а в сроки 4 месяца и более появились у 2 животных.

В опытной серии в силу особенностей эксперимента на момент выполнения нейрооррафии имелся далеко зашедший денервационный синдром. Атрофия оперированной конечности и рабочая гипертрофия контрлатеральной усугублялась отсутствием опоры на оперированную конечность в аппарате. Однако в день нейрооррафии аппарат снимали, и начиная с месяца после сшивания удлинённых отрезков индексы денервационных проявлений практически совпадали с таковыми после ПНР. По качественным проявлениям денервационного синдрома серия со швом удлинённых отрезков также достаточно близка серии с первичной нейрооррафией. Единственным отличием, которое представилось нам значимым, было отсутствие нарушений отведения-приведения стопы.

АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведённых экспериментов показали, что только в серии АНП наблюдались все 13 симптомов. В сериях ШУО и ПНР намного беднее признаки недостаточности денервации по большеберцовой порции. Малое количество симптомов подгибания стопы и полное отсутствие симптомов дорзифлексионной установки в серии ПНР, по-видимому, свидетельствует об активной реиннервации. В условиях отсутствия этих симптомов проявляется более мягкое расстройство - нарушение отведения-приведения стопы. В серии ШУО этот симптом, по-видимому, замаскирован ограничением подвиж-

ности в голеностопном суставе, наблюдавшимся в течение 1-2 месяцев после аппаратной фиксации. Возможно, по этой причине в этой серии даже на ранних сроках достаточно редко (у 2 собак) наблюдалась сгибательная установка стопы и ни у одной не наблюдалась разгибательная. Однако на последующих сроках происходило восстановление объёма пассивных движений, а порочные положения стопы не развивались, поэтому и фактору реиннервации в серии ШУО следует отводить не последнюю роль. В серии АНП наблюдались как сгибательные, так и разгибательные установки стопы, что так-

же маскировало нарушение приведения-отведения. Через 4 месяца и более этот симптом появился именно у тех животных, у которых исчезла сгибательная установка стопы. Выраженное и длительное представительство денервационных проявлений не только со стороны малоберцовой, но даже со стороны легко сопоставляемой посредством микрохирургической техники большеберцовой порции в серии АНП по сравнению с ПНР и ШУО, по-видимому, отражает хорошо известное явление ареста аксонального роста на уровне аутовставки, в частности на уровне дистальной зоны швов.

Через месяц после восстановительной операции, когда преобладают денервационные изменения, а процесс реиннервации клинически не проявлен, значения ИДП во всех трёх сериях очень близки. Это позволяет утверждать, что все наши наблюдения однородны, относятся к одной генеральной совокупности, и появляющиеся на более поздних сроках различия их отражают

эффективность каждой методики восстановления нерва в плане компенсации денервационных проявлений. Через 2 месяца в серии АНП значение ИДП резко возрастает по сравнению с предыдущим сроком, в сериях ПНР и ШУО значения ИДП по-прежнему близки и лишь слегка выше, чем на предыдущем сроке - по-видимому, уже в это время в сериях ШУО и АНП восстановительные процессы сдерживают нарастание денервационных изменений, а в серии АНП интенсивность их недостаточна (через подверженный ишемическим и фиброзным изменениям трансплантат и дистальную зону швов не может прорасти столь же эффективное количество аксонов, как через анастомоз конец в конец). В дальнейшие сроки наблюдения в серии АНП происходит не столько компенсация, сколько смена симптомов, а в сериях ШУО и ПНР восстанавливается как опорно-двигательная, так и трофическая функции.

ВЫВОДЫ

1. Метод этапной регистрации денервационных симптомов с экспертной балльной оценкой позволяет количественно оценить тяжесть денервационных проявлений на каждом сроке эксперимента, эффект восстановительной операции во времени и сопоставить результативность различных методик восстановления целостности нерва.
2. Шов удлинённых отрезков как метод возмещения дефекта нервного ствола более эффективен, чем аутопластика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берснев В.П. Исходы микрохирургических операций при повреждении нервов // Ортопед. травматол. - 1987.- № 6.- С. 19-23.
2. Дольницкий О.В., Дольницкий Ю.О. Атлас микрохирургических операций на нервах. Практическое руководство. - Киев: Выща школа, 1991.- 182 с.
3. Илизаров Г.А. и др. Применение "эффекта Илизарова" для удлинения отрезков поврежденного нервного ствола в эксперименте. / Г.А. Илизаров, М.М. Щудло, Н.А. Щудло и др.// Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. Докл. Всесоюз. конф...- Курган, 1991.- С.384-387.
4. Нейрогистологическая характеристика регенерации концов поврежденного нерва в условиях дозированного растяжения. / Г.А. Илизаров, М.М. Щудло., А.Б. Кузнецова, Н.А. Щудло // Бюл. эксперим. биол. и мед. - 1992.- Т.113, №4.- С.439-442.
5. Щудло М.М., Щудло Н.А. Возможности стандартизации микрохирургической техники нейрорафии в эксперименте // Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника: Тез. докл. Всесоюз. конф. с участием иностран. специалистов, посв. 70-летию Г.А. Илизарова и 40-летию разработ. им метода чрескостного остеосинтеза. - Курган, 1991.-С.417-420.
6. Экспериментально-морфологическое обоснование возможности удлинения сшитого нервного ствола / М.М. Щудло, Н.А. Щудло, М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова // Травматология и ортопедия России. - 1995. - №5.- С.56-60.
7. Щудло М.М., Щудло Н.А. Реактивные свойства периневрия и техника нейрорафии // Клиника и эксперимент в травматологии и ортопедии: Тез. докл. юбил. науч. конф. Науч.-исслед. центра Татарстана "Восстановительная травматология и ортопедия" АН Татарстана.- Казань, 1994.- С.184-185.
8. Щудло Н.А., Щудло М.М. Механизмы удлинения отрезков свежеповреждённого нерва при их встречной дозированной тракции // Травматология и ортопедия России. - 1994.- №2. - С.148-157.
9. Ультроструктурные и клинико-физиологические характеристики нервно-мышечного аппарата голени при дефектах седалищного нерва / Н.А. Щудло, М.М. Щудло, Н.К. Чикорина и др. // Гений ортопедии. - 1995.- №2.- С.38-43.
10. Dellon A.L., Mackinnon S.E. Sciatic nerve regeneration in the rat. Validity of walking tract assessment in the presence of chronic contractures // Microsurgery. - 1989.Vol.10, № 2.- P. 220-225.
11. Ducker T.B., Hayes G.J. Peripheral Nerve Grafts //J. Neurosurg. - 1970.- Vol. 32, №2.- P. 236-243.
12. deMedinaceli L., Seaber A.V. Experimental nerve reconnection: importance of initial repair // Microsurgery. - 1989.- Vol.10, N1.- P. 56-70.
13. Vasconez L.O., Mathes S.I., Gran G. Direct fascicular repair and interfascicular nerve grafting of median and ulnar nerves in the rhesus monkey // Plast. Reconstr. Surg. - 1976.- Vol. 58, №4.- P.482-489.

Рукопись поступила 01.11.96 г.